



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO, SURABAYA**

KHARISMA AGUNG
NRP 3113 100 111

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO, SURABAYA**

KHARISMA AGUNG
NRP 3113 100 111

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**PLANNING OF DRAINAGE SYSTEM FOR
RESIDENTIAL AREA IN BENOWO, SURABAYA**

KHARISMA AGUNG
NRP 3113 100 111

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil and Planning Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN PERUMAHAN DI BENOWO, SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KHARISMA AGUNG

NRP 3113 100 111

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.



[Handwritten signature of Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar]
.....

**SURABAYA
JULI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN PERUMAHAN DI BENOWO, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Kharisma Agung
NRP : 3113 100 111
Departemen : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

Abstrak

Kecamatan Benowo merupakan kawasan kota tepi pantai yang potensial untuk pergudangan, perindustrian, dan perumahan. Dan dalam waktu dekat, akan ada beberapa pengembangan kawasan, salah satunya adalah kawasan perumahan Benowo. Kawasan perumahan Benowo terletak di DAS Romokalisari yang mana sering terjadi banjir setiap tahun. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan sistem drainase untuk kawasan perumahan Benowo agar tidak terjadi banjir.

Dalam perencanaan sistem drainase, perlu dilakukan beberapa analisis, antara lain analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Analisis hidrolika digunakan untuk mencari dimensi saluran dan dimensi kolam tampung. Dalam perencanaan ini, kawasan perumahan Benowo dibagi menjadi enam blok, dengan dua saluran utama dan dua kolam tampung.

Dari hasil analisis yang dilakukan, didapatkan curah hujan rencana periode ulang 5 dan 10 tahun masing-masing 83,78 mm dan 93,04 mm. Debit banjir rencana saluran utama 1 7,59 m³/s. Debit banjir rencana saluran utama 2 4,06 m³/s. Dimensi saluran utama 1 adalah 5×2 m. Dimensi saluran utama 2 adalah 3×2 m. Kolam tampung 1 direncanakan seluas 16.875 m² dan dengan kedalaman 2,2 m. Kolam tampung 2 direncanakan seluas 6.348 m² dan dengan kedalaman 2,2 m. Debit maksimum yang diizinkan masuk Sungai Romokalisari dengan pompa maupun

pintu dari saluran utama 1 dan saluran utama 2 masing-masing adalah $5,13 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kata kunci: sistem drainase, perumahan Benowo, Romokalisari, kolam tampung, banjir.

PLANNING OF DRAINAGE SYSTEM FOR RESIDENTIAL AREA IN BENOWO, SURABAYA

Name : Kharisma Agung
NRP : 3113 100 111
Department : Civil Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

Abstract

Benowo district is a waterfront city which is potential for warehousing, industry, and housing. And in the near future, there will be some development of the area, one of which is the Benowo residential area. Benowo residential area is located in the watershed of Romokalisari which often floods every year. Therefore, there is a need for drainage system planning for Benowo residential area to avoid flooding.

In drainage system planning, it is necessary to do some analysis, such as hydrological analysis and hydraulics analysis. Hydrological analysis is used to find flood discharge plans. Hydraulics analysis is used to find the dimensions of the channel and the dimensions of the pond. In this plan, Benowo residential area is divided into six blocks, with two main channels and two storage ponds.

From the results of the analysis, obtained rainfall plan repeat period 5 and 10 years each 83,78 mm and 93,04 mm. Flood discharge plan main channel 1 7,59 m³/s. Flood discharge plan main channel 2 4,06 m³/s. The dimension of main channel 1 is 5×2 m. The dimension of main channel 2 is 3×2 m. First pond is planned to cover an area of 16.875 m² and 2,2 m in depth. Second pond is planned to cover an area of 6.348 m² and 2,2 m in depth. The maximum allowable discharge into the Romokalisari river with pumps and gates of main channel 1 and main channel 2 are 5,13 m³/s and 3 m³/s respectively.

Keywords: drainage system, Benowo residential area, Romokalisari, pond, flood.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan di Benowo, Surabaya”** dengan baik dan tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan program studi S-1 Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc. selaku dosen pembimbing;
2. Dosen-dosen Departemen Teknik Sipil ITS, khususnya bidang studi Hidroteknik;
3. Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur dan Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya yang telah berkenan meminjamkan data-data penunjang.

Penulis berharap adanya kritik dan saran dari berbagai pihak untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
<i>TITLE PAGE</i>	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I: PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat	2
1.6. Lokasi	3
BAB II: TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Curah Hujan Rata-Rata	5
2.2. Periode Ulang	7
2.3. Curah Hujan Rencana (Distribusi Probabilitas)	8
2.4. Uji Kecocokan	11
2.5. Analisis Intensitas Hujan	13
2.6. Analisis Debit Limpasan	15

2.7. Analisis Penampang Saluran	18
2.8. Analisis Kolam Tampung.....	22
BAB III: METODOLOGI	25
3.1. Studi Literatur.....	25
3.2. Pengumpulan Data.....	25
3.3. Analisis dan Perhitungan	25
3.4. Diagram Alir.....	26
3.5. Jadwal Kegiatan.....	28
BAB IV: PEMBAHASAN	29
4.1. Perhitungan Hujan Rata-Rata	29
4.2. Analisis Frekuensi Hujan	32
4.3. Uji Kecocokan	37
4.4. Kesimpulan Analisis Frekuensi Hujan	47
4.5. Perhitungan Koefisien Pengaliran	49
4.6. Perhitungan Waktu Konsentrasi	50
4.7. Perhitungan Intensitas Hujan.....	51
4.8. Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran	52
4.9. Perencanaan Saluran Utama	54
4.10. Analisis Debit dan Muka Air Sungai Romokalisari	59
4.11. Perhitungan Debit <i>Outflow</i> Maksimum	64
4.12. Perencanaan Kolam Tampung.....	65
4.13. Perhitungan Elevasi	78
4.14. Analisis Profil Muka Air	80
4.15. Perencanaan Pintu Air	83

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1. Kesimpulan.....	87
5.2. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi pengembangan kawasan perumahan di Kecamatan Benowo.....	3
Gambar 1.2. <i>Master plan</i> pengembangan kawasan perumahan Benowo	4
Gambar 2.1. Metode poligon Thiessen	6
Gambar 2.2. Metode isohyet	7
Gambar 2.3. Penampang saluran persegi	20
Gambar 2.4. Penampang saluran trapesium	21
Gambar 2.5. Hidrograf <i>inflow</i> dan <i>outflow</i>	22
Gambar 3.1. Diagram alir untuk pengerjaan Tugas Akhir	27
Gambar 4.1. Grafik untuk interpolasi nilai peluang teoretis dari faktor frekuensi dengan koefisien kecondongan 0,204 ..	46
Gambar 4.2. Sketsa pengaliran dari lahan ke <i>inlet</i> saluran.....	50
Gambar 4.3. Potongan melintang saluran U-Ditch beton pracetak	53
Gambar 4.4. Potongan melintang saluran 3-5 blok A	54
Gambar 4.5. Potongan melintang saluran utama 1	56
Gambar 4.6. Potongan melintang saluran utama 2.....	58
Gambar 4.7. Hidrograf satuan dari sub DAS 1 Romokalisari	60
Gambar 4.8. Hidrograf satuan dari sub DAS 2 Romokalisari	61
Gambar 4.9. Hietograf hujan efektif 4 jam di DAS Romokalisari dengan <i>Alternating Block Method</i>	62
Gambar 4.10. Alur Sungai Romokalisari dari hulu (kiri) ke hilir (kanan).....	63

Gambar 4.11. Hidrograf aliran yang masuk ke kolam tampung 1 saat durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi.....	66
Gambar 4.12. Grafik fluktuasi akumulasi volume air dalam kolam tampung 1 untuk skema pertama	68
Gambar 4.13. Hidrograf aliran yang masuk (biru) ke kolam tampung 1, dan aliran yang keluar (oranye) dengan bantuan pompa	71
Gambar 4.14. Grafik akumulasi volume air yang masuk (biru) ke kolam tampung 1 dan yang keluar (oranye) dari kolam tampung 1	71
Gambar 4.15. Hidrograf aliran yang masuk ke kolam tampung 2 ketika $t_d = t_c$ (skema pertama)	74
Gambar 4.16. Grafik akumulasi volume air dalam kolam tampung 2	74
Gambar 4.17. Hidrograf aliran masuk (biru) ke kolam tampung 2, dan aliran keluar (oranye) dengan bantuan pompa.....	77
Gambar 4.18. Grafik akumulasi volume <i>inflow</i> (biru) dan <i>outflow</i> (oranye) di kolam tampung 2	78
Gambar 4.19. Potongan memanjang saluran dari kolam tampung 1 ke <i>outlet</i>	79
Gambar 4.20. Sketsa aliran bawah pintu dengan muka air di hilir lebih rendah dari bukaan pintu	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Variabel Reduksi Gauss	8
Tabel 2.2. Faktor Frekuensi K_T untuk Distribusi Log Pearson III	9
Tabel 2.3. <i>Reduced Mean</i> , Y_n	11
Tabel 2.4. <i>Reduced Standard Deviation</i> , S_n	11
Tabel 2.5. Nilai ΔP_{cr} Smirnov-Kolmogorov.....	13
Tabel 2.6. Koefisien Pengaliran, C	15
Tabel 2.7. Koefisien Kekasaran Kerby, n_d	17
Tabel 2.8. Koefisien Kekasaran Manning, n	19
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Pengerjaan Tugas Akhir.....	28
Tabel 4.1. Besar Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Romokalisari	29
Tabel 4.2. Curah Hujan Harian Maksimum	30
Tabel 4.3. Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum	31
Tabel 4.4. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal.....	32
Tabel 4.5. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal.....	33
Tabel 4.6. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Pearson III	34
Tabel 4.7. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Gumbel	35
Tabel 4.8. Persyaratan Parameter Statistik untuk Setiap Jenis Distribusi Probabilitas	36
Tabel 4.9. Urutan Data Hujan dari Besar ke Kecil.....	38
Tabel 4.10. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Normal.....	41

Tabel 4.11. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Normal ..	41
Tabel 4.12. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Pearson III	41
Tabel 4.13. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Gumbel	42
Tabel 4.14. Perhitungan Uji Distribusi Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorov.....	42
Tabel 4.15. Perhitungan Uji Distribusi Log Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorov	44
Tabel 4.16. Perhitungan Uji Distribusi Log Pearson III dengan Metode Smirnov-Kolmogorov	45
Tabel 4.17. Perhitungan Uji Distribusi Gumbel dengan Metode Smirnov-Kolmogorov.....	46
Tabel 4.18. Rekapitulasi Hasil Uji Parameter Statistik Berdasarkan Koefisien Kecondongan (Cs) dan Kurtosis (Ck).....	48
Tabel 4.19. Rekapitulasi Hasil Uji Kecocokan dengan Metode Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov	48
Tabel 4.20. Nilai Koefisien Pengaliran (C) yang Digunakan	49
Tabel 4.21. Nilai nd dan S untuk Setiap Jenis Permukaan	50
Tabel 4.22. Distribusi Hujan Jam-Jaman.....	62
Tabel 4.23. Volume Kolam Tampung 1 untuk td = tc Tanpa Operasional Pompa.....	67
Tabel 4.24. Volume <i>Inflow</i> Kolam Tampung 1 untuk td = 4 jam Tanpa Operasional Pompa.....	69
Tabel 4.25. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air Kolam Tampung 1 untuk td = 4 jam dengan Operasional Pompa.....	70
Tabel 4.26. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air Kolam Tampung 2 untuk Skema Pertama	73

Tabel 4.27. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air di Kolam Tampung 2 untuk Skema Kedua	75
Tabel 4.28. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air di Kolam Tampung 2 untuk Skema Ketiga	76
Tabel 4.29. Analisis Profil Muka Air di Depan Pintu Kolam Tampung 1.....	81
Tabel 4.30. Analisis Profil Muka Air di Depan Pintu Kolam Tampung 2.....	82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kecamatan Benowo merupakan salah satu kecamatan di Surabaya, dengan luas wilayah mencapai $\pm 23,76 \text{ km}^2$. Hal itu menjadikan Benowo sebagai kecamatan terluas di Surabaya. Selain luas, Benowo memiliki potensi sebagai kawasan kota tepi pantai (*waterfront city*). Berdasarkan Peraturan Daerah (Perda) Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya tahun 2014-2034, Benowo menjadi kawasan strategis untuk pergudangan, perindustrian, dan perumahan atau permukiman kepadatan rendah.

Saat ini, pengembangan kawasan perumahan di Benowo tengah dikerjakan oleh PT. Mitra Karya Multiguna, anak perusahaan Sinarmas Land. Rencananya, kawasan perumahan tersebut memiliki luas area hingga ± 300 hektar. Kawasan tersebut dikembangkan untuk pergudangan, industri, dan permukiman. Pengembangan kawasan perumahan di Benowo diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan ekonomi daerah.

Salah satu komponen penting dalam pengembangan sebuah kawasan adalah perencanaan sistem drainase. Sistem drainase kawasan perumahan harus direncanakan agar air hujan dapat dialirkan dan dikeluarkan dengan baik dari dalam kawasan. Terkait dengan sistem drainase kawasan perumahan di Benowo direncanakan akan menggunakan Sungai Romokalisari sebagai badan air penerima (*recipient water*). Adanya perubahan tata guna lahan akibat pengembangan kawasan perumahan menjadikan koefisien pengaliran berubah, dan meningkatkan limpasan hujan di permukaan (*surface runoff*). Oleh karena itu, perencanaan sistem drainase kawasan perumahan perlu memerhatikan hal tersebut.

Perencanaan sistem drainase kawasan perumahan ini juga memerlukan kolam tampung. Perencanaan kolam tampung dimaksudkan agar air yang keluar dari kawasan dan hendak masuk Sungai Romokalisari bisa diatur. Hal itu dikarenakan kapasitas

Sungai Romokalisari yang terbatas, dan juga ada kemungkinan terjadinya *backwater* dari Sungai Lamong ketika banjir yang bisa berdampak terhadap Sungai Romokalisari.

1.2. Rumusan Masalah

Perumusan masalah untuk Tugas Akhir ini adalah:

- a. Berapakah tinggi hujan rencana yang terjadi di kawasan perumahan?
- b. Berapakah debit banjir rencana kawasan perumahan?
- c. Bagaimana dimensi saluran yang memadai untuk mengalirkan debit banjir rencana?
- d. Bagaimana perencanaan kolam tampung yang dibutuhkan?
- e. Berapakah elevasi saluran dan kawasan agar tidak terjadi luapan?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Menghitung tinggi hujan rencana di kawasan perumahan
- b. Menghitung debit banjir rencana di kawasan perumahan
- c. Menghitung dimensi saluran yang cukup untuk mengalirkan debit banjir rencana
- d. Mengetahui perencanaan kolam tampung yang dibutuhkan
- e. Menghitung elevasi saluran dan kawasan agar tidak terjadi luapan

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah untuk Tugas Akhir ini adalah:

- a. Tidak menghitung debit akibat air kotor atau limbah domestik
- b. Tidak menghitung biaya rencana sistem drainase
- c. Tidak menghitung debit limpasan dari DAS Lamong dan DAS Sememi

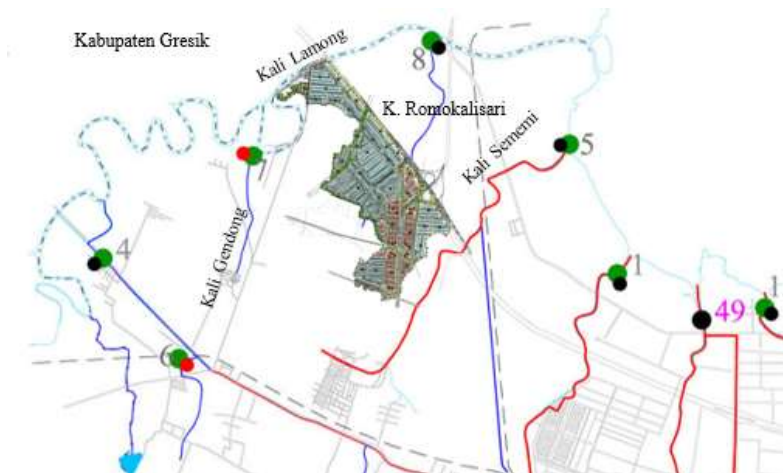
1.5. Manfaat

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Sebagai bentuk implementasi teori dari kuliah untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di dunia nyata
- b. Sebagai persyaratan dalam mencapai gelar sarjana teknik sekaligus telah menyelesaikan pendidikan di Teknik Sipil ITS
- c. Sebagai bahan referensi untuk masyarakat dalam bidang teknik sipil, khususnya perencanaan sistem drainase dan penanggulangan banjir

1.6. Lokasi

Lokasi studi yang ditinjau adalah kawasan perumahan yang hendak dikembangkan di Kecamatan Benowo, Surabaya. Lokasi studi terkait pengembangan kawasan perumahan bisa dilihat pada Gambar 1.1. Lingkaran hijau menunjukkan rencana pembangunan pintu air dan pompa air oleh pemerintah. Rencananya, *outlet* sistem drainase kawasan perumahan akan berada di Sungai Romokalisari. Sungai tersebut bermuara di Sungai Lamong. Peta kawasan perumahan yang lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.1. Lokasi pengembangan kawasan perumahan di Kecamatan Benowo

(sumber: Surabaya Drainage Master Plan 2013)



Gambar 1.2. *Master plan* pengembangan kawasan perumahan Benowo

(sumber: Warehouse Estate Master Plan in Benowo,
[http://www.townland.com/expertise_project.php?expertiseid=25
&id=34](http://www.townland.com/expertise_project.php?expertiseid=25&id=34))

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Curah Hujan Rata-Rata

Dalam analisis hidrologi, hujan menjadi faktor terpenting. Analisis hidrologi memerlukan tinggi curah hujan dan distribusinya terhadap tempat dan waktu. Karena hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka perlu menghitung curah hujan rata-rata dari sebuah kawasan (Suripin 2004: 26). Curah hujan rata-rata diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun cuaca. Cara yang umum dipakai untuk menghitung curah hujan rata-rata adalah:

a. Rata-rata aljabar

Metode ini paling sederhana dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Metode ini didasarkan atas asumsi bahwa semua stasiun cuaca memiliki pengaruh yang sama. Metode ini cocok untuk kawasan kecil ($< 500 \text{ km}^2$), atau topografi DAS berupa pegunungan. Perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode ini menggunakan rumus

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.1)$$

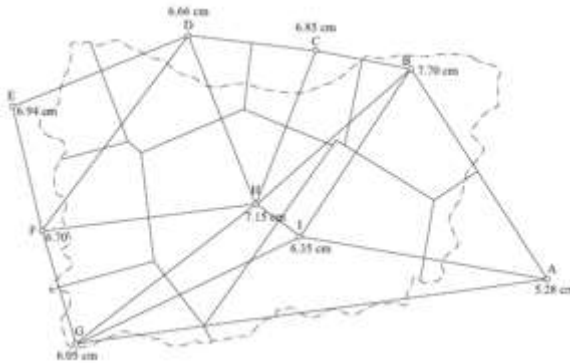
dimana

P = tinggi curah hujan (mm)

n = jumlah stasiun cuaca

b. Metode poligon Thiessen

Metode ini menggunakan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun cuaca untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Diasumsikan bahwa variasi curah hujan antar stasiun cuaca adalah linier dan sembarang titik dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Metode ini cocok untuk kawasan sedang ($500 \text{ s/d } 5000 \text{ km}^2$), atau topografi yang cenderung datar. Contoh penggambaran pengaruh stasiun cuaca terhadap suatu kawasan dengan poligon Thiessen bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Metode poligon Thiessen
(sumber: Ghosh, 2014)

Perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode ini menggunakan rumus

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

dimana

P = tinggi curah hujan (mm)

A = luas area poligon (km²)

n = banyaknya stasiun cuaca

c. Metode isohyet

Metode ini paling akurat, dengan memperhitungkan secara aktual pengaruh setiap stasiun cuaca, dengan membuat garis isohyet (garis penghubung titik-titik yang memiliki tinggi hujan yang sama). Metode ini cocok untuk kawasan yang luas (> 5000 km²), atau topografi yang berbukit dan tidak beraturan. Contoh penggambaran garis isohyet bisa dilihat pada Gambar 2.2.

Perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode ini menggunakan rumus

dimana

P = tinggi curah hujan (mm)

A = luas area antar stasiun cuaca (km²)

n = banyaknya stasiun cuaca

2.2. Periode Ulang

Periode ulang adalah waktu dugaan di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu, debit rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui setidaknya sekali (Kamiana 2011: 7). Perencanaan sistem drainase menggunakan curah hujan rencana sesuai periode ulangnya, dan besarnya dipilih berdasarkan nilai urgensi dan ekonomi daerah tersebut.

Daerah permukiman umumnya dipilih hujan rencana dengan periode ulang 5-15 tahun. Daerah pusat pemerintahan, komersial, atau daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi dapat dipertimbangkan periode ulang 10-50 tahun.

2.3. Curah Hujan Rencana (Distribusi Probabilitas)

Sistem hidrologi kadang dipengaruhi oleh peristiwa yang luar biasa (ekstrem), seperti hujan lebat dan banjir (Suripin 2004: 32). Peristiwa yang ekstrem kejadiannya sangat langka. Karena peristiwa tersebut tidak diketahui kapan akan terjadi dan seberapa besar, maka perlu analisis frekuensi dan probabilitas. Dalam bidang hidrologi, ada empat jenis distribusi probabilitas yang sering dipakai, yaitu:

a. Distribusi normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan distribusi normal dilakukan dengan rumus berikut

$$x_T = \bar{x} + K_T S \quad (2.4)$$

dimana

x_T = hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

\bar{x} = nilai rata-rata dari data hujan (mm)

S = deviasi standar dari data hujan (mm)

K_T = faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T (lihat Tabel 2.1.)

Tabel 2.1. Nilai Variabel Reduksi Gauss (Suripin, 2004)

No.	Periode Ulang, T	K_T	No.	Periode Ulang, T	K_T
1	1,001	-3,05	12	3,33	0,52
2	1,005	-2,58	13	4	0,67
3	1,01	-2,33	14	5	0,84
4	1,05	-1,64	15	10	1,28
5	1,11	-1,28	16	20	1,64
6	1,25	-0,84	17	50	2,05
7	1,33	-0,67	18	100	2,33
8	1,43	-0,52	19	200	2,58
9	1,67	-0,25	20	500	2,88
10	2	0	21	1000	3,09
11	2,5	0,25			

b. Distribusi log normal

Jika variabel acak $y = \log x$ terdistribusi secara normal, maka x dikatakan mengikuti distribusi log normal. Peluang logaritma

akan membentuk persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematis dengan persamaan

$$y_T = \bar{y} + K_T S \quad (2.5)$$

dimana

y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan

\bar{y} = nilai rata-rata dari $\log x$

S = deviasi standar dari $\log x$

K_T = faktor frekuensi (lihat Tabel 2.1.)

c. Distribusi Log Pearson III

Rumus yang digunakan dalam distribusi Log Pearson III sama seperti distribusi log normal, hanya nilai K_T yang digunakan bukan dari nilai variabel reduksi Gauss. Nilai K_T diambil berdasarkan nilai T (periode) dan C_s atau G (kecondongan), dapat dilihat di Tabel 2.2. Nilai G dihitung dengan rumus

$$G = \frac{n \sum (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.6)$$

dimana

G = koefisien kecondongan (*skewness*)

n = jumlah sampel

x = tinggi hujan (mm)

S = deviasi standar dari $\log x$

Tabel 2.2. Faktor Frekuensi K_T untuk Distribusi Log Pearson III (Kamiana, 2011)

G	Periode (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Peluang					
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01
1,0	-0,165	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755

Tabel 2.2. Faktor Frekuensi K_T untuk Distribusi Log Pearson III
(lanjutan)

G	Periode (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Peluang					
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326

d. Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan rencana dengan distribusi Gumbel dilakukan dengan rumus berikut

$$x_T = \bar{x} + K \times S \quad (2.7)$$

dimana

x_T = hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

\bar{x} = nilai rata-rata dari data hujan (mm)

K = faktor frekuensi Gumbel

S = deviasi standar dari data hujan (mm)

Faktor frekuensi Gumbel didapat dengan rumus

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.8)$$

dimana

Y_t = *reduced variant*

Y_n = *reduced mean* (lihat Tabel 2.3.)

S_n = *reduced standard deviation* (lihat Tabel 2.4.)

Reduced variant (Y_t) didapat dari

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right) \quad (2.9)$$

dimana

T = periode ulang yang digunakan dalam perencanaan

Tabel 2.3. Reduced Mean, Y_n (Suripin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,500	0,504	0,507	0,510	0,513	0,516	0,518	0,520	0,522
20	0,524	0,525	0,527	0,528	0,530	0,531	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,540	0,541	0,542	0,542	0,544
40	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548	0,548
50	0,549	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,552	0,552
60	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554	0,554	0,555
70	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,557	0,557
80	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558	0,558	0,559
90	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,560	0,560	0,560	0,560
100	0,560	0,560	0,560	0,560	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561

Tabel 2.4. Reduced Standard Deviation, S_n (Suripin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,950	0,968	0,983	0,997	1,010	1,021	1,032	1,041	1,049	1,057
20	1,063	1,070	1,075	1,081	1,086	1,092	1,096	1,100	1,105	1,108
30	1,112	1,116	1,119	1,123	1,126	1,129	1,131	1,134	1,136	1,139
40	1,141	1,144	1,146	1,148	1,150	1,152	1,154	1,156	1,157	1,159
50	1,161	1,162	1,164	1,166	1,167	1,168	1,170	1,171	1,172	1,173
60	1,175	1,176	1,177	1,178	1,179	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,187	1,188	1,189	1,190	1,191	1,192	1,192	1,193
80	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,197	1,198	1,199	1,199	1,200
90	1,201	1,201	1,202	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206	1,206
100	1,207	1,207	1,207	1,208	1,208	1,208	1,209	1,209	1,209	1,210

2.4. Uji Kecocokan

Perlu pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut (Suripin 2004: 57). Metode yang sering dipakai untuk menguji hal ini adalah:

a. Uji Chi-kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode uji Chi-kuadrat adalah sebagai berikut

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.10)$$

dimana

χ^2 = parameter Chi-kuadrat terhitung

E_f = frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f = frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus

$$Dk = K - (p + 1) \quad (2.11)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (2.12)$$

dimana

p = banyaknya parameter, untuk Chi-kuadrat diambil 2

K = jumlah kelas distribusi

d = banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, atau dirumuskan sebagai berikut

$$\chi^2 < \chi_{cr}^2$$

dimana

χ_{cr}^2 = parameter Chi-kuadrat kritis

Prosedur perhitungan dengan metode uji Chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

- Urutkan data dari dari besar ke kecil atau sebaliknya
- Hitung jumlah kelas
- Hitung derajat kebebasan (Dk) dan χ_{cr}^2
- Hitung kelas distribusi
- Hitung interval kelas
- Hitung nilai χ^2
- Bandingkan nilai χ^2 terhadap χ_{cr}^2

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya

- Tentukan peluang empiris masing-masing data yang telah diurutkan dengan rumus Weibull

$$P(x_i) = \frac{m}{n+1} \quad (2.13)$$

dimana

$P(x_i)$ = peluang empiris setiap data

m = nomor urut data

n = jumlah data

- Tentukan peluang teoritis, $P'(x_i)$, masing-masing data yang sudah diurutkan berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang digunakan
- Hitung selisih antara peluang empiris dan teoritis setiap data (ΔP_i)
- Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P_{cr}$ (selisih peluang empiris dan teoritis yang kritis, lihat Tabel 2.5.), jika tidak maka distribusi probabilitas yang digunakan tidak dapat diterima, demikian sebaliknya

Tabel 2.5. Nilai ΔP_{cr} Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004)

n	α (derajat kepercayaan)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

2.5. Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi air hujan per satuan waktu (Suripin 2004: 66). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan

berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi, dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Secara umum, intensitas hujan dapat dihitung dengan beberapa persamaan berikut:

a. Rumus Talbot

Rumus Talbot (1881) ditulis sebagai berikut

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (2.14)$$

dimana

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a, b = konstanta yang bergantung pada lamanya hujan di DAS

b. Rumus Sherman

Rumus Sherman (1905) ditulis sebagai berikut

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2.15)$$

dimana

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a, n = konstanta

c. Rumus Ishiguro

Rumus Ishiguro (1953) ditulis sebagai berikut

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.16)$$

dimana

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a, b = konstanta

d. Rumus Mononobe

Rumus Mononobe ditulis sebagai berikut

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2.17)$$

dimana

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian (mm)

2.6. Analisis Debit Limpasan

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk menghitung debit limpasan atau debit banjir (Suripin 2004: 78). Secara umum, metode yang sering dipakai adalah metode rasional dan metode hidrograf satuan.

a. Metode Rasional

Metode ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas pada DAS dengan ukuran yang kecil. Persamaan matematis metode ini dinyatakan dalam bentuk

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \quad (2.18)$$

dimana

Q = debit limpasan (m^3/s)

C = koefisien pengaliran (lihat Tabel 2.6.)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (km^2)

Tabel 2.6. Koefisien Pengaliran, C (Ghosh, 2014)

No	Tipe Kawasan	C
1	Halaman	
	Pasir (<2%)	0,05-0,10
	Pasir (2-7%)	0,10-0,15
	Pasir (>7%)	0,15-0,20
	Tanah (<2%)	0,13-0,17
	Tanah (2-7%)	0,18-0,22
	Tanah (>7%)	0,25-0,35
2	Bisnis	
	Pusat kota	0,70-0,95
	Tepi kota	0,50-0,70

Tabel 2.6. Koefisien Pengaliran, C (lanjutan)

No	Tipe Kawasan	C
3	Perumahan	
	Satuan	0,30-0,50
	Multi unit (terpisah)	0,40-0,60
	Multi unit (berimpitan)	0,60-0,75
	Pinggiran kota	0,25-0,40
	Apartemen	0,50-0,70
4	Industri	
	Minim industri	0,50-0,60
	Padat industri	0,60-0,90
5	Jalan	
	Aspal	0,70-0,80
	Beton	0,80-0,95
	Bata	0,75-0,85

Jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$C_{DAS} = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \quad (2.19)$$

dimana

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i

Metode rasional dikembangkan dengan asumsi bahwa hujan yang terjadi memiliki durasi minimal sama dengan waktu konsentrasi, t_c (Kamiana 2011: 82). Besarnya t_c dapat dihitung dengan rumus Kirpich

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (2.20)$$

dimana

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang saluran utama dari hulu ke hilir (km)

S = kemiringan rata-rata DAS

Waktu konsentrasi juga dapat dihitung dengan memecahnya menjadi dua komponen

$$t_c = t_o + t_f \quad (2.21)$$

$$t_o = 1,44 \left(\frac{L \times n_d}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \quad (2.22)$$

$$t_f = \frac{L_s}{60 \times v} \quad (2.23)$$

dimana

t_c = waktu konsentrasi (menit)

t_o = durasi pengaliran di atas lahan (menit)

t_f = durasi pengaliran di saluran (menit)

L = panjang lintasan air di permukaan lahan (m)

n_d = angka kekasaran Kerby (lihat Tabel 2.7.)

S = kemiringan lahan

L_s = panjang lintasan air di saluran/sungai (m)

v = kecepatan aliran di saluran (m/s)

Tabel 2.7. Koefisien Kekasaran Kerby, n_d (Chin, 2000)

No	Jenis Permukaan	n_d
1	Hutan lebat, rumput padat	0,80
2	Hutan dengan pohon musim gugur	0,60
3	Padang rumput	0,40
4	Sedikit berumput, tanah terbuka	0,30
5	Tanah padat terbuka dan licin	0,10
6	Permukaan tahan air dan licin	0,02

b. Metode Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dan dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu yang ditetapkan, yang disebut hujan satuan (Suripin 2004: 90). Hidrograf satuan merupakan model sederhana yang menyatakan respon DAS terhadap hujan. Tujuan dari hidrograf

satuan adalah untuk memperkirakan hubungan antara hujan efektif dan aliran permukaan. Hidrograf satuan memerlukan rekaman data limpasan dan data hujan. Karena tidak semua DAS memiliki catatan limpasan, maka dikembangkan suatu metode lain, yakni hidrograf satuan sintetis, hasil dari penurunan hidrograf satuan.

2.7. Analisis Penampang Saluran

Dalam menyelesaikan persoalan hidrolika pada aliran air, pada dasarnya dikenal tiga macam persamaan dasar, yaitu persamaan kontinuitas, persamaan energi atau Bernoulli, dan persamaan momentum (Anwar 2012: 45). Persamaan kontinuitas dapat dinyatakan dengan

$$Q = v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 \quad (2.24)$$

dimana

Q = debit air (m^3/s)

v_1, v_2 = kecepatan rata-rata aliran di penampang 1 dan 2 (m/s)

A_1, A_2 = luas basah penampang 1 dan 2 (m^2)

Persamaan energi atau Bernoulli menyatakan bahwa jumlah tinggi fungsi energi di hulu sama dengan di hilir. Persamaan Bernoulli dapat dinyatakan dengan

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h \quad (2.25)$$

dimana

z = elevasi elemen air di atas bidang persamaan (m)

p = tekanan statis air (kg/m^2)

γ = massa jenis air (kg/m^3)

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Δh = kehilangan tinggi tekan (m)

Persamaan momentum dapat dinyatakan dengan

$$F \times \Delta t = m \times \Delta v \quad (2.26)$$

dimana

F = gaya (N)

Δt = elemen waktu (s)

m = besaran massa (kg)

Δv = elemen kecepatan aliran (m/s)

Aliran air yang mempunyai permukaan air disebut sebagai air yang mengalir di saluran terbuka. Aliran di saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe, salah satunya adalah aliran seragam. Pada aliran seragam di suatu saluran digunakan rumus Manning atau Chezy untuk menghitung kecepatan. Rumus Manning adalah sebagai berikut

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.27)$$

dimana

v = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

n = koefisien kekasaran Manning (lihat Tabel 2.8.)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan dasar saluran atau garis energi

Sedangkan rumus Chezy dapat dirumuskan sebagai berikut

$$v = C \times \sqrt{R \times S} \quad (2.28)$$

dimana

v = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

C = faktor tahanan aliran, atau koefisien Chezy

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan dasar saluran

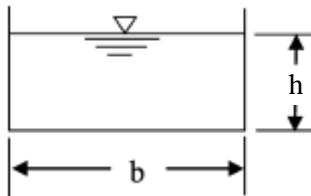
Tabel 2.8. Koefisien Kekasaran Manning, n (Suripin, 2004)

No	Tipe Saluran & Jenis Bahan	n
1	Beton	
	Gorong-gorong lurus & bebas kotoran	0,010-0,013
	Gorong-gorong sedikit lengkungan & sedikit kotoran	0,011-0,014
	Beton dipoles	0,011-0,014
	Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013-0,017

Tabel 2.8. Koefisien Kekasaran Manning, n (lanjutan)

No	Tipe Saluran & Jenis Bahan	n
2	Tanah, lurus, & seragam	
	Bersih baru	0,016-0,020
	Bersih telah melapuk	0,018-0,025
	Berkerikil	0,022-0,030
	Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022-0,033
3	Saluran alam	
	Bersih lurus	0,025-0,033
	Bersih, berkelok-kelok	0,033-0,045
	Banyak tanaman pengganggu	0,050-0,080
	Dataran banjir berumput	0,025-0,035
	Saluran di belukar	0,035-0,070

Bentuk penampang saluran yang paling sering dijumpai adalah bentuk persegi dan trapesium. Sketsa penampang saluran bentuk persegi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Penampang saluran persegi
(sumber: Chow, 1959)

Perhitungan untuk penampang saluran persegi adalah sebagai berikut

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.29)$$

$$A = b \times h \quad (2.30)$$

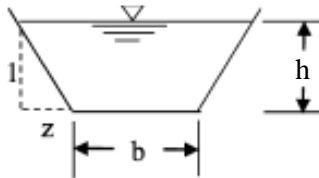
$$P = b + 2h \quad (2.31)$$

dimana

R = jari-jari hidrolis (m)

- A = luas penampang basah (m^2)
 P = keliling basah (m)
 b = lebar dasar saluran (m)
 h = tinggi atau kedalaman air (m)

Sketsa penampang saluran bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Penampang saluran trapesium
(sumber: Chow, 1959)

Perhitungan untuk penampang saluran bentuk trapesium adalah sebagai berikut

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.32)$$

$$A = (b + zh)h \quad (2.33)$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + z^2} \quad (2.34)$$

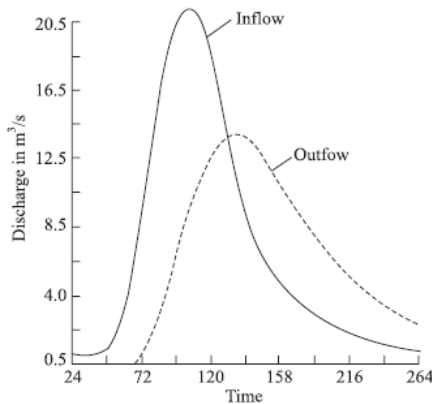
dimana

- R = jari-jari hidrolis (m)
 A = luas penampang basah (m^2)
 P = keliling basah (m)
 b = lebar dasar saluran (m)
 h = tinggi atau kedalaman air (m)
 z = kemiringan dinding saluran

Dimensi saluran yang diperlukan dapat dihitung dengan melakukan substitusi antara persamaan geometri penampang dan rumus Manning. Setelah menemukan dimensi saluran yang dibutuhkan dan kedalaman air, biasanya ditambahkan tinggi jagaan sebesar 25% dari kedalaman normalnya ke tinggi saluran.

2.8. Analisis Kolam Tampung

Kolam tampung atau detensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung air di dalamnya, dengan jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam yang tidak tembus air. Kolam detensi merupakan salah satu konsep drainase berwawasan lingkungan, dimana kelebihan air limpasan pada suatu kawasan tidak langsung dilimpahkan ke sungai sebagai badan air penerima (*recipient water*) akan tetapi ditahan pada suatu tempat. Dengan demikian kolam detensi akan berfungsi dalam pengendalian limpasan permukaan.



Gambar 2.5. Hidrograf *inflow* dan *outflow*
(sumber: Ghosh, 2014)

Dengan menunda keluarnya air dari kawasan menuju sungai, diharapkan limpasan yang masuk ke sungai bisa diatur dan tidak membebani sungai. Meski koefisien pengaliran (C) di suatu kawasan berubah, beban limpasan yang diterima sungai tidak bertambah secara signifikan, selama debit *outflow* bisa diatur seperti pada Gambar 2.5.

Apabila fluktuasi muka air di sungai cukup besar dan berpengaruh terhadap muka air di saluran dalam kawasan, maka dibutuhkan pintu air dan pompa. Pintu air menjaga agar tidak terjadi *backwater* apabila muka air di sungai lebih tinggi daripada

muka air di saluran dalam kawasan. Sedangkan pompa menjaga supaya air dari dalam kawasan tetap bisa dibuang ke sungai selama muka air di sungai lebih tinggi daripada muka air di saluran dalam kawasan (tidak memungkinkan untuk mengalirkan air secara gravitasi).

Kapasitas kolam tampung yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus

$$V = V_i - V_o \quad (2.35)$$

$$V_i = Q_i \times t_c \quad (2.36)$$

$$V_o = Q_o \times \Delta t \quad (2.37)$$

dimana

V = volume kolam tampung (m^3)

V_i = volume air yang masuk (m^3)

V_o = volume air yang keluar (m^3)

Q_i = debit yang masuk atau debit banjir (m^3/s)

t_c = waktu konsentrasi (s)

Q_o = debit yang keluar atau kapasitas pompa (m^3/s)

Δt = durasi penggunaan pompa (s)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan usaha untuk mencari teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemui. Dalam Tugas Akhir ini, permasalahan yang dibahas adalah perencanaan sistem drainase kawasan perumahan di Benowo, Surabaya. Oleh karena itu, studi literatur bisa didapatkan dari buku-buku mengenai sistem drainase kawasan dan penanggulangan banjir, serta hasil studi-studi terdahulu terkait sistem drainase di Surabaya Barat.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi dan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas atau penelitian. Data-data yang diperlukan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini didapatkan dari:

- a. Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur, berupa data hujan dari stasiun hujan Bunder (Gresik) dan Kandangan (Surabaya) dari 2003 hingga 2015
- b. Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, berupa peta kondisi eksisting sistem pematusan di Surabaya Barat
- c. Sinarmas Land, berupa peta topografi kawasan perumahan
- d. Departemen Teknik Geomatika ITS, berupa peta topografi Surabaya Barat

3.3. Analisis dan Perhitungan

Analisis awal dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah analisis curah hujan rencana. Analisis curah hujan rencana dilakukan untuk mengetahui curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu dari data hujan yang ada. Analisis curah hujan rencana dikerjakan dengan urutan sebagai berikut:

- a. Perhitungan curah hujan rata-rata kawasan dengan metode poligon Thiessen

- b. Perhitungan distribusi probabilitas dengan metode distribusi normal, log normal, Log Pearson III, dan Gumbel
- c. Uji kecocokan distribusi probabilitas dengan metode uji Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov
- d. Perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun

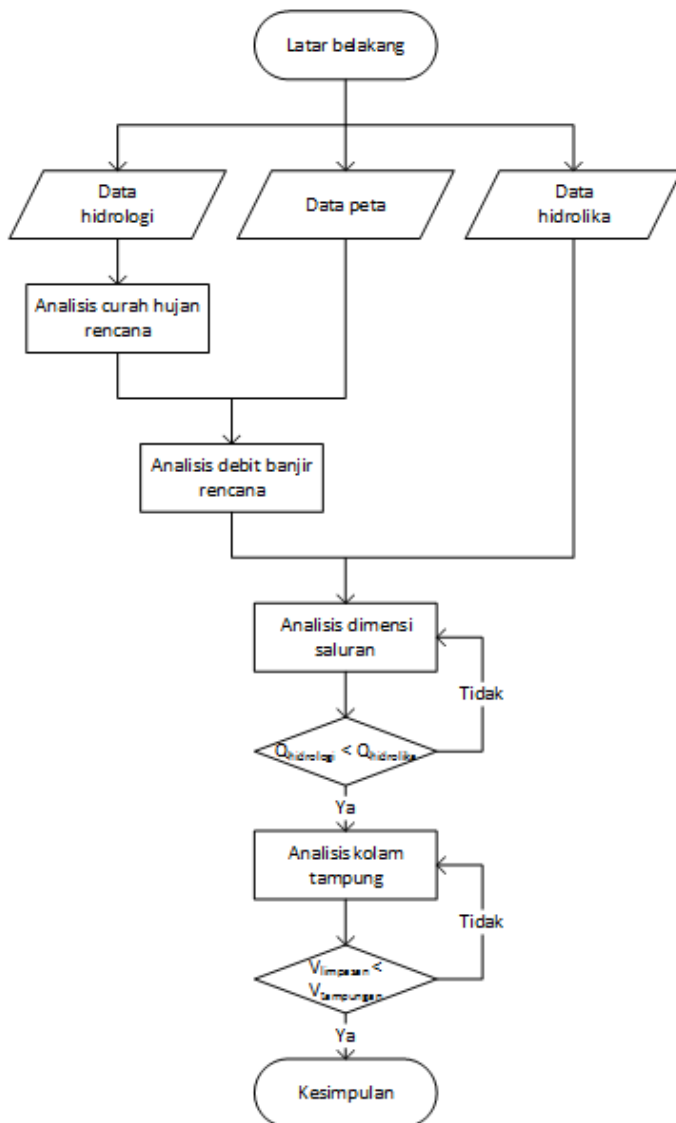
Setelah menghitung curah hujan rencana, dilakukan analisis debit banjir rencana. Analisis debit banjir rencana dilakukan untuk mengetahui debit banjir maksimum dengan periode ulang tertentu. Sebelumnya, dihitung terlebih dahulu koefisien pengaliran di kawasan dan intensitas hujan rencana dengan rumus Mononobe. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional.

Dari hasil analisis debit banjir rencana, dilakukan analisis dimensi penampang saluran. Perhitungan dimensi penampang saluran dilakukan hingga mendapatkan dimensi penampang saluran dengan $Q_{hidrolika}$ lebih besar daripada $Q_{hidrologi}$. Selain menghitung dimensi penampang saluran, dihitung pula kemiringan memanjang saluran dan elevasinya, serta dikontrol apakah kecepatan aliran dalam saluran memenuhi persyaratan kecepatan aliran yang diizinkan.

Setelah mendapatkan dimensi penampang saluran yang dibutuhkan, dilakukan analisis kolam tampung. Analisis ini dilakukan untuk mencari dimensi kolam tampung yang dibutuhkan agar debit atau volume air yang keluar dari kawasan menuju Sungai Romokalisari bisa diatur. Selain itu, direncanakan pula pintu air dan pompa untuk mengantisipasi terjadinya *backwater* dari luapan Sungai Romokalisari.

3.4. Diagram Alir

Untuk memudahkan pengerjaan Tugas Akhir ini, maka perlu dibuat diagram alir (*flowchart*) tentang urutan hal-hal yang harus dikerjakan, sehingga diharapkan pengerjaan Tugas Akhir ini dapat berurutan dan sistematis. Tahapan pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir untuk pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Hujan Rata-Rata

Stasiun hujan merupakan tempat dimana tinggi curah hujan diukur. Dalam perhitungan curah hujan rata-rata dari sebuah kawasan atau DAS, ada beberapa metode yang bisa digunakan. Untuk menghitung hujan rata-rata di kawasan perumahan Benowo atau DAS Romokalisari, digunakanlah metode Poligon Thiessen. Metode ini mengakomodasi ketidakseragaman jarak stasiun hujan terhadap DAS. Cara menggambarkan poligon Thiessen adalah dengan membuat garis penghubung antarstasiun hujan, kemudian membuat garis sumbu tegak lurus terhadap bidang yang terbentuk dari garis penghubung antarstasiun hujan. Garis bagi itulah yang akan membentuk bidang poligon Thiessen.

Dari hasil penggambaran poligon Thiessen, DAS Romokalisari mendapat pengaruh dari dua stasiun hujan, yakni stasiun hujan Bunder, Gresik, dan stasiun hujan Kandangan, Surabaya. Masing-masing stasiun hujan memiliki pengaruh yang berbeda terhadap curah hujan di DAS Romokalisari, sesuai luasan poligon Thiessen yang dibentuk. Besarnya pengaruh masing-masing stasiun hujan dapat dilihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Besar Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS
Romokalisari (hasil perhitungan)

Nama Stasiun	Luas Pengaruh (ha)	Persen Pengaruh
Sta Bunder	302,07	60,25%
Sta Kandangan	199,27	39,75%
Total	501,34	100%

Data hujan dari stasiun hujan Bunder dan Kandangan dapat diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur. Dalam Tugas Akhir ini, data hujan yang dipakai adalah data hujan tahun 2003 hingga 2015. Data hujan tahun 2010 di stasiun hujan Bunder tidak ditemukan, sehingga jumlah data yang ada adalah 12. Data hujan yang dipakai adalah curah hujan

harian terbesar selama satu tahun dari masing-masing stasiun hujan. Data hujan harian maksimum dapat dilihat dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Curah Hujan Harian Maksimum (Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur)

Kejadian			Sta Bunder (mm)	Sta Kandangan (mm)
Tanggal	Bulan	Tahun		
10	2	2003	69	92
14	2		41	117
17	5	2004	77	36
24	12		35	79
9	3	2005	84	0
10	2		0	90
30	12	2006	150	49
14	1		22	130
16	3	2007	70	18
8	3		0	97
21	3	2008	76	19
13	12		47	120
22	2	2009	85	49
6	3		74	78
7	3	2011	103	22
9	11		17	79
29	5	2012	72	16
30	1		43	82
17	5	2013	93	26
15	1		28	75
19	12	2014	112	33
5	3		0	81
29	1	2015	103	42
29	12		0	63

Curah hujan rata-rata dalam Tugas Akhir ini dihitung dengan metode Poligon Thiessen. Cara perhitungannya adalah dengan mengalikan curah hujan dari suatu stasiun hujan dengan luas pengaruhnya, kemudian dibagi dengan total luas poligon. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

Curah hujan 10 Februari 2003,

$$P = \frac{\sum(P_i \times A_i)}{\sum A_i} = \frac{69 \times 302,07 + 92 \times 199,27}{501,34} = 78,14 \text{ mm}$$

Curah hujan 14 Februari 2003,

$$P = \frac{\sum(P_i \times A_i)}{\sum A_i} = \frac{41 \times 302,07 + 117 \times 199,27}{501,34} = 71,21 \text{ mm}$$

Karena curah hujan pada 10 Februari 2003 lebih besar daripada 14 Februari 2003, maka curah hujan harian maksimum yang diambil untuk tahun 2003 adalah 78,14 mm. Hasil perhitungan curah hujan rata-rata harian maksimum selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum (hasil perhitungan)

Tahun	Sta Bunder (mm)	Sta Kandangan (mm)	Rata-Rata (mm)	Maksimum (mm)
2003	69	92	78,14	78,14
	41	117	71,21	
2004	77	36	60,70	60,70
	35	79	52,49	
2005	84	0	50,61	50,61
	0	90	35,77	
2006	150	49	109,85	109,85
	22	130	64,93	
2007	70	18	49,33	49,33
	0	97	38,56	
2008	76	19	53,34	76,02
	47	120	76,02	
2009	85	49	70,69	75,59
	74	78	75,59	
2011	103	22	70,80	70,80
	17	79	41,64	
2012	72	16	49,74	58,50
	43	82	58,50	
2013	93	26	66,37	66,37
	28	75	46,68	

Tabel 4.3. Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum (lanjutan)

Tahun	Sta Bunder (mm)	Sta Kandangan (mm)	Rata-Rata (mm)	Maksimum (mm)
2014	112 0	33 81	80,60 32,20	80,60
2015	103 0	42 63	78,75 25,04	78,75

4.2. Analisis Frekuensi Hujan

Analisis frekuensi hujan sangat diperlukan dalam perencanaan sistem drainase karena suatu besaran curah hujan dapat terjadi secara ekstrem atau maksimum selama kurun waktu tertentu (sesuai periode ulangnya). Analisis frekuensi hujan dilakukan guna mendapatkan hujan rencana melalui beberapa metode distribusi probabilitas.

a. Distribusi Normal

Tabel 4.4. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal (hasil perhitungan)

No	Tahun	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	2003	78,14	6,87	47,19
2	2004	60,70	-10,57	111,72
3	2005	50,61	-20,66	426,90
4	2006	109,85	38,58	1488,52
5	2007	49,33	-21,94	481,45
6	2008	76,02	4,74	22,50
7	2009	75,59	4,32	18,64
8	2011	70,80	-0,47	0,22
9	2012	58,50	-12,77	163,10
10	2013	66,37	-4,90	24,05
11	2014	80,60	9,33	86,97
12	2015	78,75	7,48	55,96
Jumlah		855,28		2927,21

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{855,28}{12} = 71,27$$

Deviasi standar, S

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2927,21}{12 - 1}} = 16,313$$

Untuk T (periode ulang) = 2 tahun, $K_2 = 0$ (lihat Tabel 2.1)

$$x_2 = \bar{x} + K_2 S = 71,27 + 0 \times 16,31 = 71,27 \text{ mm}$$

Untuk T = 5 tahun, $K_5 = 0,84$

$$x_5 = \bar{x} + K_5 S = 71,27 + 0,84 \times 16,31 = 84,98 \text{ mm}$$

Untuk T = 10 tahun, $K_{10} = 1,28$

$$x_{10} = \bar{x} + K_{10} S = 71,27 + 1,28 \times 16,31 = 92,15 \text{ mm}$$

b. Distribusi Log Normal

Tabel 4.5. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal (hasil perhitungan)

No	Tahun	x	y = log x	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	2003	78,14	1,8929	0,0499	0,0025
2	2004	60,70	1,7832	-0,0597	0,0036
3	2005	50,61	1,7042	-0,1387	0,0192
4	2006	109,85	2,0408	0,1979	0,0391
5	2007	49,33	1,6931	-0,1498	0,0225
6	2008	76,02	1,8809	0,0380	0,0014
7	2009	75,59	1,8785	0,0355	0,0013
8	2011	70,80	1,8501	0,0071	0,0001
9	2012	58,50	1,7672	-0,0758	0,0057
10	2013	66,37	1,8220	-0,0210	0,0004
11	2014	80,60	1,9063	0,0634	0,0040
12	2015	78,75	1,8963	0,0533	0,0028
Jumlah			22,1154		0,1027

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{22,1154}{12} = 1,843$$

Deviasi standar, S

$$S = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,1027}{12 - 1}} = 0,0966$$

Untuk T = 2 tahun, $K_2 = 0$ (lihat Tabel 2.1.)

$$y_2 = \bar{y} + K_2 S = 1,843 + 0 \times 0,0966 = 1,843$$

$$x_2 = 10^{y_2} = 10^{1,843} = 69,66 \text{ mm}$$

Untuk $T = 5$ tahun, $K_5 = 0,84$

$$y_5 = \bar{y} + K_5 S = 1,843 + 0,84 \times 0,0966 = 1,924$$

$$x_5 = 10^{y_5} = 10^{1,924} = 83,97 \text{ mm}$$

Untuk $T = 10$ tahun, $K_{10} = 1,28$

$$y_{10} = \bar{y} + K_{10} S = 1,843 + 1,28 \times 0,0966 = 1,967$$

$$x_{10} = 10^{y_{10}} = 10^{1,967} = 92,6 \text{ mm}$$

c. Distribusi Log Pearson III

Tabel 4.6. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Pearson III (hasil perhitungan)

No	Tahun	x	y = log x	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²	(y - \bar{y}) ³	(y - \bar{y}) ⁴
1	2003	78,14	1,8929	0,0499	2,49E-03	1,24E-04	6,22E-06
2	2004	60,70	1,7832	-0,0597	3,57E-03	-2,13E-04	1,27E-05
3	2005	50,61	1,7042	-0,1387	1,92E-02	-2,67E-03	3,70E-04
4	2006	109,85	2,0408	0,1979	3,91E-02	7,75E-03	1,53E-03
5	2007	49,33	1,6931	-0,1498	2,25E-02	-3,36E-03	5,04E-04
6	2008	76,02	1,8809	0,0380	1,44E-03	5,47E-05	2,07E-06
7	2009	75,59	1,8785	0,0355	1,26E-03	4,48E-05	1,59E-06
8	2011	70,80	1,8501	0,0071	5,05E-05	3,58E-07	2,55E-09
9	2012	58,50	1,7672	-0,0758	5,74E-03	-4,35E-04	3,30E-05
10	2013	66,37	1,8220	-0,0210	4,41E-04	-9,25E-06	1,94E-07
11	2014	80,60	1,9063	0,0634	4,02E-03	2,55E-04	1,61E-05
12	2015	78,75	1,8963	0,0533	2,84E-03	1,52E-04	8,08E-06
Jumlah			22,1154		0,1027	0,0017	0,0025

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{22,1154}{12} = 1,843$$

Deviasi standar, S

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,1027}{12 - 1}} = 0,0966$$

Koefisien kecondongan, G

$$G = \frac{n \sum (y - \bar{y})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{12 \times 0,0017}{(12 - 1)(12 - 2)0,0966^3}$$

$$G = 0,204$$

Faktor frekuensi, K_T , dipengaruhi oleh besarnya G (koefisien kecondongan) dan T (periode ulang), seperti dalam Tabel 2.2. K_T didapat dengan cara interpolasi.

Untuk $T = 2$ tahun, $K_2 = -0,0337$

$$y_2 = \bar{y} + K_2 S = 1,843 + (-0,0337) \times 0,0966 = 1,84$$

$$x_2 = 10^{y_2} = 10^{1,84} = 69,14 \text{ mm}$$

Untuk $T = 5$ tahun, $K_5 = 0,8297$

$$y_5 = \bar{y} + K_5 S = 1,843 + 0,8297 \times 0,0966 = 1,923$$

$$x_5 = 10^{y_5} = 10^{1,923} = 83,78 \text{ mm}$$

Untuk $T = 10$ tahun, $K_{10} = 1,3013$

$$y_{10} = \bar{y} + K_{10} S = 1,843 + 1,3013 \times 0,0966 = 1,969$$

$$x_{10} = 10^{y_{10}} = 10^{1,969} = 93,04 \text{ mm}$$

d. Distribusi Gumbel

Tabel 4.7. Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Gumbel (hasil perhitungan)

No	Tahun	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^3$	$(x - \bar{x})^4$
1	2003	78,14	6,87	47,19	324,13	2226,48
2	2004	60,70	-10,57	111,72	-1180,83	12481,02
3	2005	50,61	-20,66	426,90	-8820,27	182239,46
4	2006	109,85	38,58	1488,52	57429,17	2215695,32
5	2007	49,33	-21,94	481,45	-10564,01	231795,55
6	2008	76,02	4,74	22,50	106,72	506,20
7	2009	75,59	4,32	18,64	80,45	347,32
8	2011	70,80	-0,47	0,22	-0,10	0,05
9	2012	58,50	-12,77	163,10	-2082,98	26601,95
10	2013	66,37	-4,90	24,05	-117,95	578,48
11	2014	80,60	9,33	86,97	811,11	7564,43
12	2015	78,75	7,48	55,96	418,62	3131,54
Jumlah		855,28		2927,21	36404,05	2683167,81

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{855,28}{12} = 71,27$$

Deviasi standar, S

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2927,21}{12 - 1}} = 16,313$$

Nilai Y_n (*reduced mean*) dan S_n (*reduced standard deviation*) dipengaruhi oleh jumlah data, dan ditentukan dengan melihat Tabel 2.3 dan 2.4.

$$Y_{12} = 0,5035$$

$$S_{12} = 0,9833$$

Untuk $T = 2$ tahun,

$$Y_2 = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{2-1}{2}\right) = 0,3665$$

$$K_2 = \frac{Y_2 - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{0,3665 - 0,5035}{0,9833} = -0,1393$$

$$x_2 = \bar{x} + K_2 S = 71,27 + (-0,1393) \times 16,313$$

$$x_2 = 69 \text{ mm}$$

Untuk $T = 5$ tahun,

$$Y_5 = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{5-1}{5}\right) = 1,5$$

$$K_5 = \frac{Y_5 - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{1,5 - 0,5035}{0,9833} = 1,0134$$

$$x_5 = \bar{x} + K_5 S = 71,27 + 1,0134 \times 16,313$$

$$x_5 = 87,8 \text{ mm}$$

Untuk $T = 10$ tahun,

$$Y_{10} = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{10-1}{10}\right) = 2,2504$$

$$K_{10} = \frac{Y_{10} - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{2,2504 - 0,5035}{0,9833} = 1,7765$$

$$x_{10} = \bar{x} + K_{10} S = 71,27 + 1,7765 \times 16,313$$

$$x_{10} = 100,25 \text{ mm}$$

Untuk menentukan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data, maka dicocokkan antara parameter data yang ada dan syarat masing-masing jenis distribusi seperti dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Persyaratan Parameter Statistik untuk Setiap Jenis Distribusi Probabilitas (Bambang, 2008)

No	Distribusi	Syarat
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3

Tabel 4.8. Persyaratan Parameter Statistik untuk Setiap Jenis Distribusi Probabilitas (lanjutan)

No	Distribusi	Syarat
2	Log Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3Cv \approx 0,157$ $Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 \approx 3,044$
3	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas
4	Gumbel	$Cs \approx 1,14$ $Ck \approx 5,4$

Untuk distribusi Normal dan Gumbel,

$$Cs = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{12 \times 36404,05}{11 \times 10 \times 16,313^3} = 0,915$$

$$Ck = \frac{n^2 \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{12^2 \times 2683167,81}{11 \times 10 \times 9 \times 16,313^4}$$

$$Ck = 5,511$$

Untuk distribusi Log Normal dan Log Pearson III,

$$Cv = \frac{S}{\bar{y}} = \frac{0,0966}{1,843} = 0,0524$$

$$Cs = \frac{n \sum (y - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{12 \times 0,0017}{11 \times 10 \times 0,0966^3} = 0,204$$

$$Ck = \frac{n^2 \sum (y - \bar{y})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{12^2 \times 0,0025}{11 \times 10 \times 9 \times 0,0966^4}$$

$$Ck = 4,15$$

4.3. Uji Kecocokan

Setelah melakukan analisis frekuensi hujan, selanjutnya adalah melakukan uji kecocokan. Uji kecocokan dimaksudkan agar mengetahui apakah masing-masing distribusi probabilitas tadi dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Metode uji kecocokan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah metode Chi-kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

a. Chi-kuadrat

- Data hujan terlebih dahulu diurutkan dari besar ke kecil

Tabel 4.9. Urutan Data Hujan dari Besar ke Kecil

No	x (mm)	x (mm) setelah diurutkan
1	78	109,85
2	61	80,60
3	51	78,75
4	110	78,14
5	49	76,02
6	76	75,59
7	76	70,80
8	71	66,37
9	59	60,70
10	66	58,50
11	81	50,61
12	79	49,33

- Menghitung jumlah kelas

Jumlah data, $n = 12$

Kelas distribusi, K

$$K = 1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \log 12$$

$$K = 4,56 \approx 5 \text{ kelas}$$

- Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan χ^2_{cr}

Parameter (p) = 2

$$Dk = K - (p + 1) = 5 - (2 + 1) = 2$$

Karena $n = 12$, $\alpha = 5\%$, dan $Dk = 2$ maka $\chi^2_{cr} = 5,991$

- Menghitung kelas distribusi

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

$$\text{Persentase } 20\%, T = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

$$\text{Persentase } 40\%, T = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

$$\text{Persentase } 60\%, T = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahun}$$

$$\text{Persentase } 80\%, T = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahun}$$

- Menghitung interval kelas

Distribusi Normal,

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{855,28}{12} = 71,27$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2927,21}{12 - 1}} = 16,313$$

$$x_5 = \bar{x} + K_5 S = 71,27 + 0,84 \times 16,313 = 84,98 \text{ mm}$$

$$x_{2,5} = \bar{x} + K_{2,5} S = 71,27 + 0,25 \times 16,313 = 75,35 \text{ mm}$$

$$x_{1,67} = \bar{x} + K_{1,67} S = 71,27 - 0,25 \times 16,313 = 67,19 \text{ mm}$$

$$x_{1,25} = \bar{x} + K_{1,25} S = 71,27 - 0,84 \times 16,313 = 57,57 \text{ mm}$$

Distribusi Log Normal,

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{22,115}{12} = 1,843$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,1027}{12 - 1}} = 0,0966$$

$$y_5 = \bar{y} + K_5 S = 1,843 + 0,84 \times 0,0966 = 1,924$$

$$x_5 = 10^{y_5} = 10^{1,924} = 83,97 \text{ mm}$$

$$y_{2,5} = \bar{y} + K_{2,5} S = 1,843 + 0,25 \times 0,0966 = 1,867$$

$$x_{2,5} = 10^{y_{2,5}} = 10^{1,867} = 73,64 \text{ mm}$$

$$y_{1,67} = \bar{y} + K_{1,67} S = 1,843 - 0,25 \times 0,0966 = 1,819$$

$$x_{1,67} = 10^{y_{1,67}} = 10^{1,819} = 65,89 \text{ mm}$$

$$y_{1,25} = \bar{y} + K_{1,25} S = 1,843 - 0,84 \times 0,0966 = 1,762$$

$$x_{1,25} = 10^{y_{1,25}} = 10^{1,75575} = 57,78 \text{ mm}$$

Distribusi Log Pearson III,

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{22,115}{12} = 1,843$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,1027}{12 - 1}} = 0,0966$$

$$G = \frac{n \sum(y - \bar{y})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{12 \times 0,001687}{11 \times 10 \times 0,0966^3}$$

$$G = 0,204$$

Nilai K_T untuk distribusi Log Pearson III didapat dengan interpolasi karena pengaruh nilai G (koefisien kecondongan) dan T (periode ulang).

$$y_5 = \bar{y} + K_5 S = 1,843 + 0,8297 \times 0,0966 = 1,923$$

$$x_5 = 10^{y_5} = 10^{1,923} = 83,78 \text{ mm}$$

$$y_{2,5} = \bar{y} + K_{2,5} S = 1,843 + 0,2541 \times 0,0966 = 1,868$$

$$x_{2,5} = 10^{y_{2,5}} = 10^{1,868} = 73,71 \text{ mm}$$

$$y_{1,67} = \bar{y} + K_{1,67} S = 1,843 - 0,3058 \times 0,0966 = 1,813$$

$$x_{1,67} = 10^{y_{1,67}} = 10^{1,813} = 65,07 \text{ mm}$$

$$y_{1,25} = \bar{y} + K_{1,25} S = 1,843 - 0,8501 \times 0,0966 = 1,761$$

$$x_{1,25} = 10^{y_{1,25}} = 10^{1,761} = 57,65 \text{ mm}$$

Distribusi Gumbel,

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{855,28}{12} = 71,27$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2927,21}{12 - 1}} = 16,313$$

$$Y_{12} = 0,5035$$

$$S_{12} = 0,9833$$

$$Y_5 = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{5-1}{5}\right) = 1,5$$

$$Y_{2,5} = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{2,5-1}{2,5}\right) = 0,67173$$

$$Y_{1,67} = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{1,67-1}{1,67}\right) = 0,09069$$

$$Y_{1,25} = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{1,25-1}{1,25}\right) = -0,476$$

$$K_5 = \frac{Y_5 - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{1,5 - 0,5035}{0,9833} = 1,0134$$

$$K_{2,5} = \frac{Y_{2,5} - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{0,67173 - 0,5035}{0,9833} = 0,171084$$

$$K_{1,67} = \frac{Y_{1,67} - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{0,09069 - 0,5035}{0,9833} = -0,41982$$

$$K_{1,25} = \frac{Y_{1,25} - Y_{12}}{S_{12}} = \frac{-0,476 - 0,5035}{0,9833} = -0,99602$$

$$x_5 = \bar{x} + K_5 S = 71,27 + 1,0134 \times 16,313 = 87,8 \text{ mm}$$

$$x_{2,5} = \bar{x} + K_{2,5} S = 71,27 + 0,1711 \times 16,313 = 74,06 \text{ mm}$$

$$x_{1,67} = \bar{x} + K_{1,67} S = 71,27 - 0,42 \times 16,313 = 64,42 \text{ mm}$$

$$x_{1,25} = \bar{x} + K_{1,25} S = 71,27 - 0,996 \times 16,313 = 55,02 \text{ mm}$$

- Perhitungan parameter chi-kuadrat atau nilai χ^2

Tabel 4.10. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Normal (hasil perhitungan)

Kelas	Interval	E _f	O _f	O _f - E _f	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
1	> 84,98	2	1	-1	0,5
2	75,35-84,98	2	5	3	4,5
3	67,19-75,35	2	1	-1	0,5
4	57,57-67,19	3	3	0	0
5	< 57,57	3	2	-1	0,33
		12	12	χ^2	5,83

Tabel 4.11. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Normal (hasil perhitungan)

Kelas	Interval	E _f	O _f	O _f - E _f	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
1	> 83,97	2	1	-1	0,5
2	73,64-83,97	2	5	3	4,5
3	65,89-73,64	2	2	0	0
4	57,78-65,89	3	2	-1	0,33
5	< 57,78	3	2	-1	0,33
		12	12	χ^2	5,67

Tabel 4.12. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Pearson III (hasil perhitungan)

Kelas	Interval	E _f	O _f	O _f - E _f	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
1	> 83,78	2	1	-1	0,5

Tabel 4.12. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Pearson III (lanjutan)

Kelas	Interval	E _f	O _f	O _f - E _f	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
2	73,71-83,78	2	5	3	4,5
3	65,07-73,71	2	2	0	0
4	57,65-65,07	3	2	-1	0,33
5	< 57,65	3	2	-1	0,33
		12	12	χ^2	5,67

Tabel 4.13. Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Gumbel (hasil perhitungan)

Kelas	Interval	E _f	O _f	O _f - E _f	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
1	> 87,8	2	1	-1	0,5
2	74,06-87,8	2	5	3	4,5
3	64,42-74,06	2	2	0	0
4	55,02-64,42	3	2	-1	0,33
5	< 55,02	3	2	-1	0,33
		12	12	χ^2	5,67

b. Smirnov-Kolmogorov

- Distribusi Normal

Tabel 4.14. Perhitungan Uji Distribusi Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorov (hasil perhitungan)

i	x _i (mm)	P(x _i)	f(t)	P'(x _i)	$ P(x_i) - P'(x_i) $
1	109,85	0,08	2,37	0,009	0,068
2	80,60	0,15	0,57	0,284	0,130
3	78,75	0,23	0,46	0,323	0,092
4	78,14	0,31	0,42	0,337	0,030
5	76,02	0,38	0,29	0,386	0,001
6	75,59	0,46	0,26	0,397	0,064
7	70,80	0,54	-0,03	0,512	0,026
8	66,37	0,62	-0,30	0,618	0,003
9	60,70	0,69	-0,65	0,742	0,050

Tabel 4.14. Perhitungan Uji Distribusi Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorov (lanjutan)

i	xi (mm)	P(xi)	f(t)	P'(xi)	$ P(x_i) - P'(x_i) $
10	58,50	0,77	-0,78	0,782	0,013
11	50,61	0,85	-1,27	0,898	0,052
12	49,33	0,92	-1,35	0,912	0,012

$P(x_i)$ atau peluang empiris setiap data didapatkan dengan rumus Weibull

$$P(x_1) = \frac{m}{n-1} = \frac{1}{12-1} = 0,08$$

$$P(x_2) = \frac{m}{n-1} = \frac{2}{12-1} = 0,15$$

$f(t)$ dapat dikatakan sama dengan K_T atau faktor frekuensi

$$f(t) = K_T = \frac{x_T - \bar{x}}{S} = \frac{109,85 - 71,27}{16,313} = 2,37$$

$$f(t) = K_T = \frac{x_T - \bar{x}}{S} = \frac{80,6 - 71,27}{16,313} = 0,57$$

Untuk nilai $f(t) = 2,37$ maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,9911 sehingga peluang teoretis atau $P'(x_i)$ didapatkan

$$P'(x_1) = 1 - 0,9911 = 0,0089$$

Untuk nilai $f(t) = 0,57$ maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,7157

$$P'(x_2) = 1 - 0,7157 = 0,2843$$

Selisih antara peluang empiris dan teoretis dicari yang paling besar, untuk kemudian dibandingkan dengan selisih peluang kritis atau ΔP_{cr}

ΔP_{cr} didapatkan dengan interpolasi dari nilai-nilai yang ada dalam Tabel 2.5

Untuk Tugas Akhir ini, ΔP_{cr} diperoleh sebesar 0,374

Apabila $|P(x_i) - P'(x_i)|$ lebih kecil daripada ΔP_{cr} maka distribusi probabilitas tersebut dapat diterima

Dari Tabel 4.14 didapatkan bahwa selisih antara peluang empiris dan teoretis terbesar adalah 0,1304 (lebih kecil daripada ΔP_{cr}) sehingga distribusi Normal dapat diterima

- Distribusi Log Normal

Tabel 4.15. Perhitungan Uji Distribusi Log Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorov (hasil perhitungan)

i	xi	yi = log xi	P(xi)	f(t)	P'(xi)	$ P(x_i) - P'(x_i) $
1	109,85	2,04	0,077	2,05	0,020	0,057
2	80,60	1,91	0,154	0,66	0,255	0,101
3	78,75	1,90	0,231	0,55	0,291	0,060
4	78,14	1,89	0,308	0,52	0,302	0,006
5	76,02	1,88	0,385	0,39	0,348	0,036
6	75,59	1,88	0,462	0,37	0,356	0,106
7	70,80	1,85	0,538	0,07	0,472	0,066
8	66,37	1,82	0,615	-0,22	0,587	0,028
9	60,70	1,78	0,692	-0,62	0,732	0,040
10	58,50	1,77	0,769	-0,78	0,782	0,013
11	50,61	1,70	0,846	-1,44	0,925	0,079
12	49,33	1,69	0,923	-1,55	0,939	0,016

Perhitungan peluang empiris sama seperti uji distribusi probabilitas sebelumnya

Perhitungan f(t) atau faktor frekuensi dilakukan seperti berikut

$$f(t) = \frac{\log x_T - \overline{\log x}}{S} = \frac{2,04 - 1,843}{0,0966} = 2,05$$

$$f(t) = \frac{\log x_T - \overline{\log x}}{S} = \frac{1,91 - 1,843}{0,0966} = 0,66$$

Untuk nilai f(t) = 2,05 maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,9798

$$P'(x_1) = 1 - 0,9798 = 0,0202$$

Untuk nilai f(t) = 0,66 maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,7454

$$P'(x_2) = 1 - 0,7454 = 0,2546$$

Dari Tabel 4.15 didapatkan bahwa selisih antara peluang empiris dan teoretis paling besar adalah 0,106 (lebih kecil daripada $\Delta P_{cr} = 0,374$) sehingga Distribusi Log Normal dapat diterima

- Distribusi Log Pearson III

Tabel 4.16. Perhitungan Uji Distribusi Log Pearson III dengan Metode Smirnov-Kolmogorov (hasil perhitungan)

i	xi	yi = log xi	P(xi)	f(t)	P'(xi)	$ P(x_i) - P'(x_i) $
1	109,85	2,04	0,077	2,05	0,024	0,053
2	80,60	1,91	0,154	0,66	0,254	0,101
3	78,75	1,90	0,231	0,55	0,287	0,056
4	78,14	1,89	0,308	0,52	0,299	0,009
5	76,02	1,88	0,385	0,39	0,340	0,044
6	75,59	1,88	0,462	0,37	0,349	0,112
7	70,80	1,85	0,538	0,07	0,457	0,082
8	66,37	1,82	0,615	-0,22	0,569	0,047
9	60,70	1,78	0,692	-0,62	0,719	0,027
10	58,50	1,77	0,769	-0,78	0,775	0,006
11	50,61	1,70	0,846	-1,44	0,927	0,081
12	49,33	1,69	0,923	-1,55	0,937	0,014

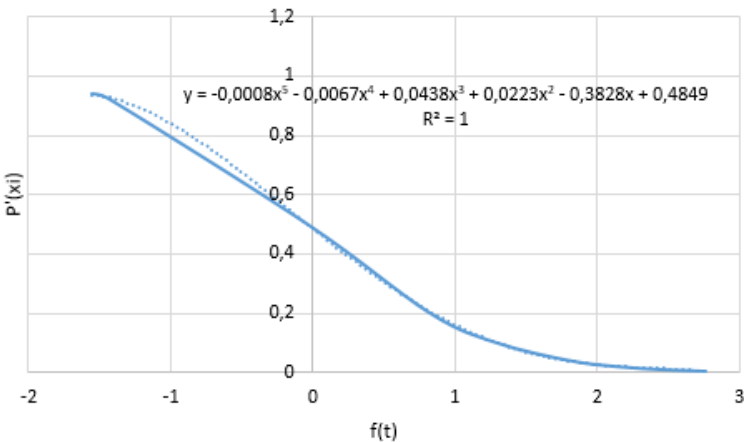
Perhitungan peluang empiris sama seperti uji distribusi probabilitas sebelumnya

Perhitungan $f(t)$ atau faktor frekuensi dilakukan seperti berikut

$$f(t) = \frac{\log x_T - \overline{\log x}}{S} = \frac{2,04 - 1,843}{0,0966} = 2,05$$

$$f(t) = \frac{\log x_T - \overline{\log x}}{S} = \frac{1,91 - 1,843}{0,0966} = 0,66$$

Nilai peluang teoretis didapat dengan interpolasi dari nilai-nilai yang ada dalam Tabel 2.2, yang mana dipengaruhi oleh nilai G atau koefisien kecondongan



Gambar 4.1. Grafik untuk interpolasi nilai peluang teoretis dari faktor frekuensi dengan koefisien kecondongan 0,204

Dari Tabel 4.16 didapatkan bahwa selisih antara peluang empiris dan teoretis paling besar adalah 0,112 (lebih kecil daripada $\Delta P_{cr} = 0,374$) sehingga Distribusi Log Pearson III dapat diterima

- Distribusi Gumbel

Tabel 4.17. Perhitungan Uji Distribusi Gumbel dengan Metode Smirnov-Kolmogorov (hasil perhitungan)

i	x_i	$P(x_i)$	$f(t)$	Y_T	T	$P'(x_i)$	$ P(x_i) - P'(x_i) $
1	109,85	0,077	2,37	2,83	17,43	0,057	0,020
2	80,60	0,154	0,57	1,07	3,43	0,292	0,138
3	78,75	0,231	0,46	0,95	3,13	0,320	0,089
4	78,14	0,308	0,42	0,92	3,04	0,329	0,022
5	76,02	0,385	0,29	0,79	2,74	0,365	0,020
6	75,59	0,462	0,26	0,76	2,68	0,372	0,089
7	70,80	0,538	-0,03	0,47	2,16	0,463	0,075
8	66,37	0,615	-0,30	0,21	1,80	0,556	0,059
9	60,70	0,692	-0,65	-0,13	1,47	0,681	0,011
10	58,50	0,769	-0,78	-0,27	1,37	0,729	0,040
11	50,61	0,846	-1,27	-0,74	1,14	0,878	0,031
12	49,33	0,923	-1,35	-0,82	1,12	0,896	0,027

$P(x_i)$ atau peluang empiris setiap data didapatkan dengan rumus Weibull

$$P(x_1) = \frac{m}{n-1} = \frac{1}{12-1} = 0,08$$

$$P(x_2) = \frac{m}{n-1} = \frac{2}{12-1} = 0,15$$

$f(t)$ dapat dikatakan sama dengan K_T atau faktor frekuensi

$$f(t) = K_T = \frac{x_T - \bar{x}}{S} = \frac{109,85 - 71,27}{16,313} = 2,37$$

$$f(t) = K_T = \frac{x_T - \bar{x}}{S} = \frac{80,6 - 71,27}{16,313} = 0,57$$

$$Y_T = f(t) \times S_n + Y_n = 2,37 \times 0,9833 + 0,5035 = 2,83$$

$$Y_T = f(t) \times S_n + Y_n = 0,57 \times 0,9833 + 0,5035 = 1,07$$

Peluang teoretis atau $P'(x_i)$ didapat dari

$$P'(x_i) = \frac{1}{T}$$

dimana T adalah periode ulang untuk masing-masing data (x_i) Sedangkan nilai T dicari dengan cara coba-coba (*trial and error*) sehingga Y_T dari T dan $f(t)$ memiliki selisih yang kecil atau hampir sama

Untuk $Y_T = 2,83$ maka didapatkan $T = 17,43$ tahun

$$P'(x_i) = \frac{1}{T} = \frac{1}{17,43} = 0,057$$

Dari Tabel 4.17 didapatkan bahwa selisih antara peluang empiris dan teoretis terbesar adalah 0,138 (lebih kecil daripada ΔP_{cr}) sehingga Distribusi Gumbel dapat diterima

4.4. Kesimpulan Analisis Frekuensi Hujan

Dari hasil analisis frekuensi hujan dan uji kecocokan, dapat diambil kesimpulan distribusi probabilitas mana yang dapat mewakili distribusi statistik sampel data. Hasil uji parameter statistik distribusi dapat dilihat dalam Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Rekapitulasi Hasil Uji Parameter Statistik Berdasarkan Koefisien Kecondongan (C_s) dan Kurtosis (C_k)

Distribusi	Nilai	Syarat	Ket
Normal	$C_s = 0,915$ $C_k = 5,511$	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	Tidak diterima
Log Normal	$C_s = 0,204$ $C_k = 4,15$	$C_s \approx 0,157$ $C_k \approx 3,044$	Tidak diterima
Log Pearson III	$C_s = 0,204$ $C_k = 4,15$	$C_s \neq 0,157$ $C_k \neq 3,044$	Diterima
Gumbel	$C_s = 0,915$ $C_k = 5,511$	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$	Diterima

Hasil dari uji kecocokan dengan metode Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat dalam Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Rekapitulasi Hasil Uji Kecocokan dengan Metode Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (hasil perhitungan)

Distribusi	Chi-kuadrat			Smirnov-Kolmogorov		
	χ^2	χ^2_{cr}	Ket	ΔP_{\max}	ΔP_{cr}	Ket
Normal	5,83	5,991	Diterima	0,13	0,374	Diterima
Log Normal	5,67	5,991	Diterima	0,106	0,374	Diterima
Log Pearson III	5,67	5,991	Diterima	0,112	0,374	Diterima
Gumbel	5,67	5,991	Diterima	0,138	0,374	Diterima

Dari Tabel 4.18 dan 4.19, dapat diketahui bahwa distribusi probabilitas yang dapat diterima dan mewakili distribusi statistik sampel data hujan adalah Log Pearson III dan Gumbel. Namun distribusi probabilitas yang paling baik untuk analisis seri data hujan adalah distribusi Log Pearson III, karena distribusi Log Pearson III memiliki ΔP_{\max} lebih kecil daripada Gumbel.

Karena distribusi probabilitas yang digunakan adalah distribusi Log Pearson III, maka curah hujan harian maksimum dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dapat menggunakan

$$\begin{aligned} x_2 &= 69,14 \text{ mm} \\ x_5 &= 83,78 \text{ mm} \\ x_{10} &= 93,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

Besarnya curah hujan seperti yang tertera di atas nantinya akan menjadi dasar atau acuan untuk menghitung debit banjir rencana, desain saluran, dan lain sebagainya.

4.5. Perhitungan Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara puncak aliran permukaan dan intensitas hujan. Penentuan nilai C dilakukan melalui pendekatan, yaitu berdasarkan karakter permukaan. Dalam perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Benowo, ada empat jenis permukaan yang ditinjau, seperti dalam Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Nilai Koefisien Pengaliran (C) yang Digunakan

Jenis Permukaan	C
Atap	0,95
Halaman (paving)	0,70
Taman (rumput & pohon)	0,35
Jalan (aspal)	0,95

Karena dalam satu kawasan terdiri dari bermacam-macam jenis permukaan dan dengan luas yang berbeda-beda, maka nilai koefisien pengaliran yang dipakai adalah koefisien pengaliran gabungan atau C_{gab} . Berikut adalah contoh perhitungan koefisien pengaliran gabungan untuk saluran 3-5 blok A:

$$A_{atap} = 1856 \text{ m}^2$$

$$A_{halaman} = 3907 \text{ m}^2$$

$$A_{taman} = 1439 \text{ m}^2$$

$$A_{jalan} = 864 \text{ m}^2$$

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$$

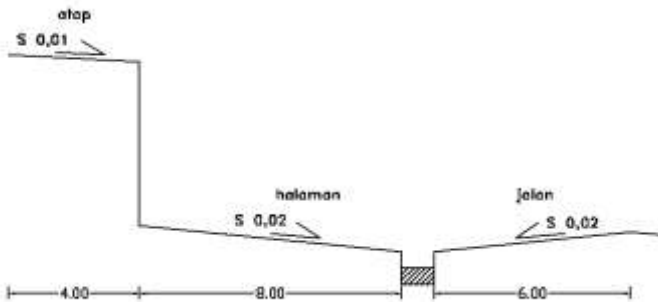
$$C = \frac{0,95 \times 1856 + 0,7 \times 3907 + 0,35 \times 1439 + 0,95 \times 864}{8066}$$

$$C = \frac{5822,55}{8066} = 0,722$$

Hasil perhitungan koefisien pengaliran gabungan atau C_{gab} untuk blok A hingga blok F dapat dilihat di Lampiran Tabel 1.

4.6. Perhitungan Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) merupakan waktu yang diperlukan bagi air untuk mengalir dari titik terjauh dimana ia jatuh hingga mencapai *outlet* atau titik yang ditinjau. Besarnya waktu konsentrasi yang terjadi di kawasan dihitung dengan memecahnya menjadi dua komponen, yakni t_o dan t_f . Besarnya t_o dipengaruhi oleh jenis lahan atau permukaan (menentukan angka kekasaran Kerby, n_d) dan kemiringan lahan (S). Besarnya n_d dan S dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.21.



Gambar 4.2. Sketsa pengaliran dari lahan ke *inlet* saluran

Tabel 4.21. Nilai n_d dan S untuk Setiap Jenis Permukaan

Jenis Permukaan	n_d	S
Atap	0,02	0,01
Halaman (paving)	0,1	0,02
Taman (rumput & pohon)	0,4	0,07
Jalan (aspal)	0,02	0,02

Sedangkan besarnya t_f dipengaruhi oleh panjangnya saluran dan kecepatan aliran dalam saluran. Berikut adalah contoh perhitungan waktu konsentrasi, t_c , di saluran 3-5 blok A:

$$L_{\text{atap}} = 43 \text{ m}$$

$$L_{\text{halaman}} = 12 \text{ m}$$

$$L_{\text{taman}} = 45 \text{ m}$$

$$L_{\text{jalan}} = 6 \text{ m (lebar setengah ruas jalan)}$$

Waktu pengaliran dari atap dan halaman,

$$t_o = 1,44 \left(\frac{L \times n_d}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$$

$$t_o = 1,44 \left(\frac{43 \times 0,02}{\sqrt{0,01}} \right)^{0,467} + 1,44 \left(\frac{12 \times 0,1}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,467}$$

$$t_o = 3,93 + 3,91 = 7,84 \text{ menit}$$

Waktu pengaliran dari taman,

$$t_o = 1,44 \left(\frac{45 \times 0,4}{\sqrt{0,07}} \right)^{0,467} = 10,33 \text{ menit}$$

Waktu pengaliran dari jalan,

$$t_o = 1,44 \left(\frac{6 \times 0,02}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,467} = 1,33 \text{ menit}$$

Dari tiga nilai t_o di atas, diambil t_o dengan nilai yang paling besar, yaitu t_o dari taman (10,33 menit)

$$L_{saluran} = 144 \text{ m}$$

$$v = 0,47 \text{ m/s (dari perhitungan hidrolika)}$$

$$t_f = \frac{L_s}{60 \times v} = \frac{144}{60 \times 0,47} = 5,15 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_f = 10,33 + 5,15 = 15,48 \text{ menit}$$

Jadi waktu yang diperlukan air mengalir dari lahan hingga titik kontrol 5 (saluran 3-5 blok A) adalah 15,48 menit. Untuk saluran berikutnya atau di hilirnya, t_o dari saluran berikutnya harus dibandingkan dengan t_c dari saluran sebelumnya, dan diambil yang terbesar untuk dijumlahkan dengan t_f dari saluran berikutnya dan mendapatkan nilai t_c saluran berikutnya. Hasil perhitungan waktu konsentrasi, t_c , untuk blok A hingga blok F dapat dilihat di Lampiran Tabel 2.

4.7. Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan tinggi hujan per satuan waktu. Dalam perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Benowo, perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe karena data hujan yang ada adalah data hujan harian. Untuk desain saluran tersier atau saluran dalam kawasan, digunakan curah hujan

periode ulang 5 tahun. Untuk desain saluran utama dan kolam tampung, digunakan curah hujan periode ulang 10 tahun. Berikut adalah contoh perhitungan intensitas hujan untuk saluran 3-5 blok A:

$$R_{24} = 83,78 \text{ mm}$$

$$t_c = 15,48 \text{ menit} = 0,26 \text{ jam}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{83,78}{24} \left(\frac{24}{0,26} \right)^{\frac{2}{3}} = 71,66 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan untuk blok A hingga blok F selengkapnya ada di Lampiran Tabel 3.

4.8. Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran

Untuk menghitung dimensi saluran yang dibutuhkan di kawasan perumahan Benowo, perlu dilakukan perhitungan debit rencana atau debit limpasan terlebih dahulu. Debit limpasan yang terjadi dalam kawasan dihitung menggunakan rumus rasional. Berikut adalah contoh perhitungan debit dalam saluran 3-5 blok A:

$$C = 0,722$$

$$I = 71,66 \text{ mm/jam}$$

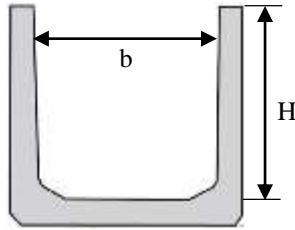
$$A = 8066 \text{ m}^2 = 8,07 \times 10^{-3} \text{ km}^2$$

$$Q_{hidrologi} = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$Q_{hidrologi} = \frac{1}{3,6} \times 0,722 \times 71,66 \times 8,07 \times 10^{-3} = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi debit limpasan yang melewati titik kontrol 5 (saluran 3-5 blok A) adalah $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil perhitungan debit untuk blok A hingga blok F lebih lengkapnya bisa dilihat dalam Lampiran Tabel 3.

Setelah mendapatkan debit limpasan, langkah berikutnya adalah mencari dimensi saluran. Saluran drainase untuk kawasan perumahan ini direncanakan menggunakan U-Ditch beton pracetak, dengan lebar dasar saluran (b) sama dengan tinggi saluran (H).



Gambar 4.3. Potongan melintang saluran U-Ditch beton pracetak

Koefisien kekasaran Manning, n , ditentukan sebesar 0,015 (saluran terbuat dari beton). Kemiringan saluran, S , direncanakan sebesar 0,0005. Berikut adalah contoh perhitungan dimensi saluran 3-5 blok A:

Direncanakan dimensi lebar dasar saluran, $b = 0,6$ m

$$A = b \times h = 0,6h$$

$$P = b + 2h = 0,6 + 2h$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,6h}{0,6 + 2h}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{0,5} = \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{0,6h}{0,6 + 2h} \right)^{2/3} \times 0,0005^{0,5}$$

$$v = 1,491 \left(\frac{0,6h}{0,6 + 2h} \right)^{2/3}$$

$$Q = 0,116 = A \times v$$

$$0,116 = 0,6h \times 1,491 \left(\frac{0,6h}{0,6 + 2h} \right)^{2/3}$$

Dengan cara coba-coba (*trial and error*), maka nilai h (kedalaman air) akan didapatkan sebesar 0,42 m

$$0,116 = 0,6(0,42) \times 1,491 \left(\frac{0,6(0,42)}{0,6 + 2(0,42)} \right)^{2/3}$$

$$0,116 \approx 0,117$$

Direncanakan tinggi jagaan minimum, $w_{\min} = 0,2$ m

$$w = H - h = 0,6 - 0,42 = 0,18 \text{ m} < w_{\min}$$

Karena $w < w_{\min}$ maka dilakukan perhitungan ulang dengan dimensi saluran yang lebih besar, $b = 0,8$ m

$$0,116 = 0,8h \times 1,491 \left(\frac{0,8h}{0,8 + 2h} \right)^{2/3}$$

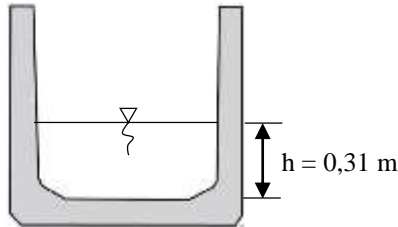
Dengan cara coba-coba, didapatkan kedalaman air (h) sebesar 0,31 m

$$0,116 = 0,8(0,31) \times 1,491 \left(\frac{0,8(0,31)}{0,8 + 2(0,31)} \right)^{2/3}$$

$$0,116 \approx 0,116$$

$$w = H - h = 0,8 - 0,31 = 0,49 \text{ m} > w_{\min}$$

Karena $w > w_{\min}$ maka saluran dengan dimensi $80 \times 80 \times 120$ cm dapat digunakan untuk saluran 3-5 blok A.



Gambar 4.4. Potongan melintang saluran 3-5 blok A

Hasil perhitungan dimensi saluran dan kedalaman air dalam saluran di blok A hingga blok F dapat dilihat dalam Lampiran Tabel 3.

4.9. Perencanaan Saluran Utama

Dalam perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Benowo ini, saluran-saluran cabang dari setiap blok akan masuk saluran utama. Saluran cabang dari blok A, B, dan C masuk saluran utama 1, sedangkan saluran cabang dari blok D, E, dan F masuk saluran utama 2. Kemudian di hilir masing-masing saluran utama akan direncanakan kolam tampung untuk mengatur volume air yang akan dikeluarkan dari dalam kawasan perumahan Benowo. Untuk perencanaan saluran utama, debit rencana dihitung berdasarkan hujan rencana periode ulang 10 tahun.

Berikut ini adalah perhitungan dimensi untuk saluran utama 1 (titik 7-8):

$$A_{atap} = 531208 \text{ m}^2 = 0,53 \text{ km}^2$$

$$C_{atap} = 0,95$$

$$A_{halaman} = 210061 \text{ m}^2 = 0,21 \text{ km}^2$$

$$C_{halaman} = 0,7$$

$$A_{taman} = 403989 \text{ m}^2 = 0,404 \text{ km}^2$$

$$C_{taman} = 0,35$$

$$A_{jalan} = 192142 \text{ m}^2 = 0,19 \text{ km}^2$$

$$C_{jalan} = 0,95$$

$$A_{total} = 1337400 \text{ m}^2 = 1,34 \text{ km}^2$$

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$$

$$C = \frac{0,95 \times 0,53 + 0,7 \times 0,21 + 0,35 \times 0,404 + 0,95 \times 0,19}{1,34}$$

$$C = 0,73$$

$$t_o = 73,5 \text{ menit}$$

$$L = 37 \text{ m}$$

$$v = 0,97 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{60v} = \frac{37}{60 \times 0,97} = 0,63 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_f = 73,5 + 0,63 = 74,13 \text{ menit} = 1,24 \text{ jam}$$

$$R_{24} = 93,04 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{1,24} \right)^{2/3}$$

$$I = 28,02 \text{ mm/jam}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A = \frac{1}{3,6} \times 0,73 \times 28,02 \times 1,34$$

$$Q = 7,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 5 \text{ m (direncanakan)}$$

$$S = 0,0004$$

$$n = 0,02$$

$$w_{min} = 0,3 \text{ m}$$

$$A = b \times h = 5h$$

$$P = b + 2h = 5 + 2h$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{5h}{5 + 2h}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{0,5} = \frac{\left(\frac{5h}{5 + 2h}\right)^{2/3} \times \sqrt{0,0004}}{0,02}$$

$$v = \left(\frac{5h}{5 + 2h}\right)^{2/3}$$

$$Q = 7,59 = A \cdot v$$

$$7,59 = 5h \times \left(\frac{5h}{5 + 2h}\right)^{2/3}$$

Dengan cara coba-coba (*trial and error*) maka nilai h (kedalaman air) akan didapatkan sebesar 1,56 m

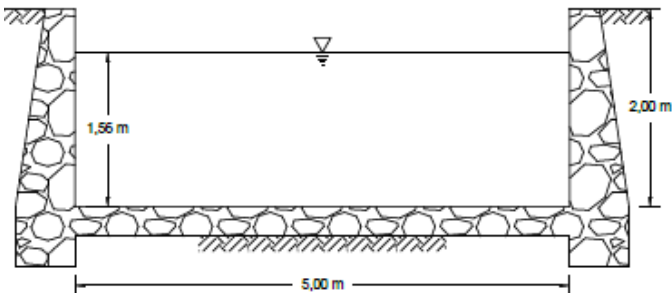
$$h = 1,56 \text{ m}$$

$$6,32 = 5(1,56) \times \left(\frac{5(1,56)}{5 + 2(1,56)}\right)^{2/3}$$

$$6,32 \approx 6,32 \text{ (oke)}$$

$$H = h + w_{\min} = 1,56 + 0,3 = 1,86 \text{ m} \sim 2 \text{ m}$$

Saluran utama 1 dapat direncanakan dengan dimensi lebar 5 m, tinggi 2 m, dan kedalaman aliran normalnya 1,56 m (di titik 8 atau *outlet*).



Gambar 4.5. Potongan melintang saluran utama 1

Berikut ini adalah perhitungan dimensi untuk saluran utama 2 (titik 6-7):

$$A_{atap} = 190335 \text{ m}^2 = 0,19 \text{ km}^2$$

$$C_{atap} = 0,95$$

$$A_{halaman} = 172617 \text{ m}^2 = 0,17 \text{ km}^2$$

$$C_{halaman} = 0,7$$

$$A_{taman} = 129734 \text{ m}^2 = 0,13 \text{ km}^2$$

$$C_{taman} = 0,35$$

$$A_{jalan} = 93433 \text{ m}^2 = 0,09 \text{ km}^2$$

$$C_{jalan} = 0,95$$

$$A_{total} = 586119 \text{ m}^2 = 0,586 \text{ km}^2$$

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$$

$$C = \frac{0,95 \times 0,19 + 0,7 \times 0,17 + 0,35 \times 0,13 + 0,95 \times 0,09}{0,586}$$

$$C = 0,74$$

$$t_o = 55,92 \text{ menit}$$

$$L = 32 \text{ m}$$

$$v = 0,84 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{60v} = \frac{32}{60 \times 0,84} = 0,63 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_f = 55,92 + 0,63 = 56,55 \text{ menit} = 0,94 \text{ jam}$$

$$R_{24} = 93,04 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{0,94} \right)^{2/3}$$

$$I = 33,55 \text{ mm/jam}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A = \frac{1}{3,6} \times 0,74 \times 33,55 \times 0,586$$

$$Q = 4,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 3 \text{ m (direncanakan)}$$

$$S = 0,0004$$

$$n = 0,02$$

$$w_{min} = 0,3 \text{ m}$$

$$A = b \times h = 3h$$

$$P = b + 2h = 3 + 2h$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3h}{3 + 2h}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{0,5} = \frac{\left(\frac{3h}{3 + 2h}\right)^{2/3} \times \sqrt{0,0004}}{0,02}$$

$$v = \left(\frac{3h}{3 + 2h}\right)^{2/3}$$

$$Q = 4,06 = A \cdot v$$

$$4,06 = 3h \times \left(\frac{3h}{3 + 2h}\right)^{2/3}$$

Dengan cara coba-coba (*trial and error*) maka nilai h (kedalaman air) akan didapatkan sebesar 1,6 m

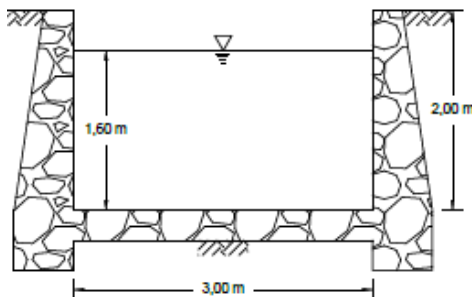
$$h = 1,6 \text{ m}$$

$$4,06 = 3(1,6) \times \left(\frac{3(1,6)}{3 + 2(1,6)}\right)^{2/3}$$

$$4,06 \approx 4,047 \text{ (oke)}$$

$$H = h + w_{\min} = 1,6 + 0,3 = 1,9 \text{ m} \sim 2 \text{ m}$$

Saluran utama 2 dapat direncanakan dengan dimensi lebar 3 m, tinggi 2 m, dan kedalaman aliran normalnya 1,6 m (di titik 7 atau *outlet*). Hasil perhitungan selengkapnya bisa dilihat pada Lampiran Tabel 4.



Gambar 4.6. Potongan melintang saluran utama 2

4.10. Analisis Debit dan Muka Air Sungai Romokalisari

Dalam perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Benowo, Sungai Romokalisari menjadi badan air penerima (*recipient water*) limpasan dari kawasan. Elevasi kawasan maupun saluran mengacu terhadap tinggi muka air Sungai Romokalisari. Perhitungan debit Sungai Romokalisari menggunakan HSS Nakayasu, kemudian hasilnya disimulasikan dengan HEC-RAS untuk mendapatkan elevasi atau tinggi muka air Sungai Romokalisari.

Berikut adalah perhitungan HSS Nakayasu untuk sub DAS 1 Romokalisari:

$$A = 944413,2 \text{ m}^2 = 0,944 \text{ km}^2$$

$$L = 1565,95 \text{ m} = 1,57 \text{ km}$$

$$\alpha = 3$$

$$R_0 = 1 \text{ mm}$$

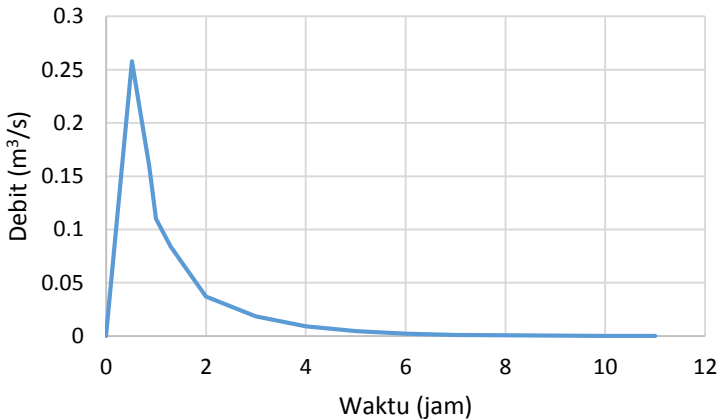
$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} = 0,21 \times 1,57^{0,7} = 0,29 \text{ jam}$$

$$t_r = t_g = 0,29 \text{ jam}$$

$$t_p = t_g + 0,8t_r = 0,29 + 0,8 \times 0,29 = 0,51 \text{ jam}$$

$$t_{0,3} = \alpha \times t_g = 3 \times 0,29 = 0,86 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6(0,3t_p + t_{0,3})} = \frac{0,944 \times 1}{3,6(0,3 \times 0,51 + 0,86)} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.7. Hidrograf satuan dari sub DAS 1 Romokalisari

Hidrograf satuan yang telah didapat kemudian dikoreksi dengan menghitung volume limpasan yang terjadi selama 24 jam.

$$V = \sum \left(\left(\frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \right) \times \Delta t \right) = 947,23 \text{ m}^3$$

$$V' = A \times R_0 = 0,944 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-3} = 944,41 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{V}{V'} = \frac{947,23}{944,41} = 1,003$$

$$Q' = \frac{Q}{f} = \frac{Q}{1,003}$$

Perhitungan HSS Nakayasu untuk sub DAS 2

Romokalisari:

$$A = 5,013 \text{ km}^2$$

$$L = 5,332 \text{ km}$$

$$\alpha = 3$$

$$R_0 = 1 \text{ mm}$$

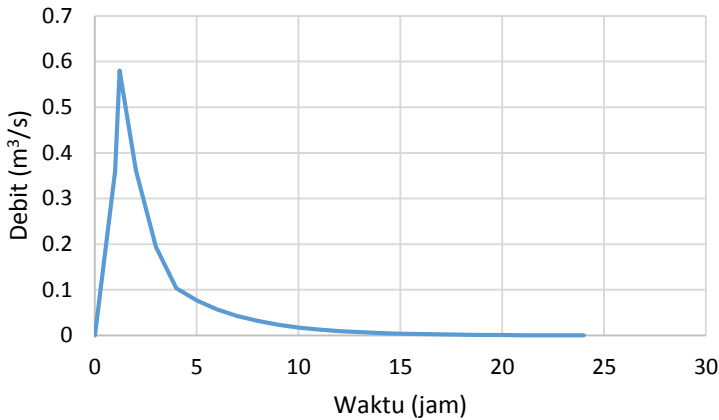
$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} = 0,21 \times 5,332^{0,7} = 0,68 \text{ jam}$$

$$t_r = t_g = 0,68 \text{ jam}$$

$$t_p = t_g + 0,8t_r = 0,68 + 0,8 \times 0,68 = 1,22 \text{ jam}$$

$$t_{0,3} = \alpha \times t_g = 3 \times 0,68 = 2,03 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6(0,3t_p + t_{0,3})} = \frac{5,013 \times 1}{3,6(0,3 \times 1,22 + 2,03)} = 0,58 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.8. Hidrograf satuan dari sub DAS 2 Romokalisari

$$V = \sum \left(\left(\frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \right) \times \Delta t \right) = 4649,77 \text{ m}^3$$

$$V' = A \times R_0 = 5,013 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-3} = 5013,39 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{V}{V'} = \frac{4649,77}{5013,39} = 0,928$$

$$Q' = \frac{Q}{f} = \frac{Q}{0,928}$$

Untuk mencari hidrograf sub DAS 1 dan 2 Romokalisari, hidrograf satuan yang telah dikoreksi kemudian dikalikan dengan tinggi hujan efektif jam-jaman, dan dibuat hidrograf superposisinya. Karena data yang tersedia hanya data hujan harian, maka digunakan *Alternating Block Method* (ABM) untuk membuat hietograf. Durasi hujan diasumsikan 4 jam.

$$R = 93,04 \text{ mm}$$

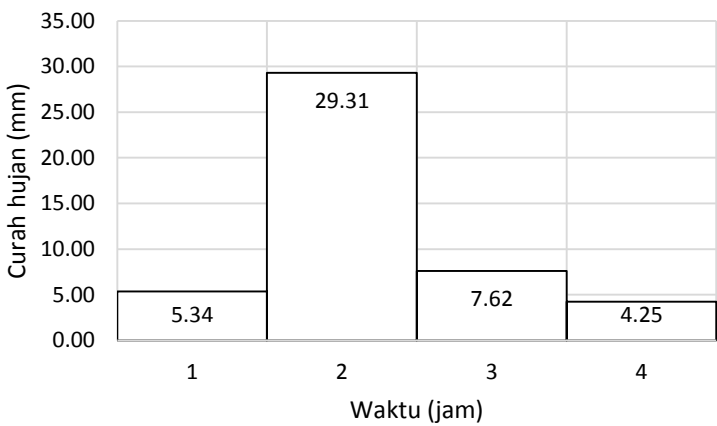
$$C = 0,5$$

$$R_{eff} = R \times C = 93,04 \times 0,5 = 46,52 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{4} \right)^{2/3} = 12,8 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.22. Distribusi Hujan Jam-Jaman (hasil perhitungan)

td (jam)	I (mm/jam)	x (mm)	Δx		Hietograf	
			(mm)	(%)	(%)	(mm)
1	32,26	32,26	32,26	63%	11%	5,34
2	20,32	40,64	8,38	16%	63%	29,31
3	15,51	46,52	5,88	11%	16%	7,62
4	12,80	51,20	4,68	9%	9%	4,25
			51,20			46,52



Gambar 4.9. Hietograf hujan efektif 4 jam di DAS Romokalisari dengan *Alternating Block Method*

Hasil perhitungan dan konvolusi hidrograf sub DAS 1 dan 2 Romokalisari dapat dilihat di Lampiran Tabel 5 dan 6.

Selanjutnya adalah perhitungan aliran dasar (*base flow*) Sungai Romokalisari:

$$A = 5,013 \text{ km}^2$$

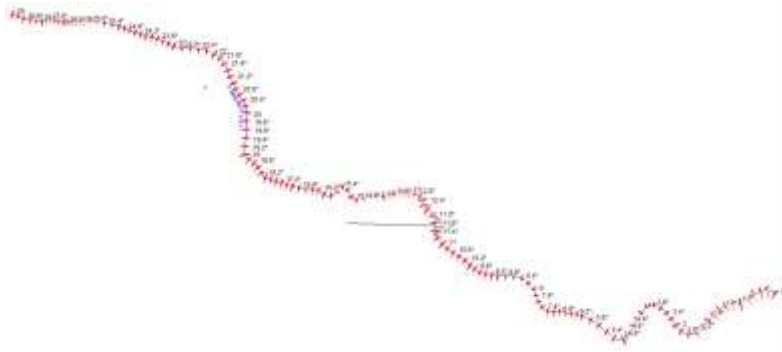
$$L = 5,332 \text{ km}$$

$$D = \frac{L}{A} = \frac{5,332}{5,013} = 1,064 \text{ km/km}^2$$

$$Q_b = 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,943}$$

$$Q_b = 0,4751 \times 5,031^{0,6444} \times 1,064^{0,943} = 1,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

Setelah mendapatkan hidrograf DAS Romokalisari serta aliran dasarnya, dilakukan simulasi *unsteady flow* Sungai Romokalisari dengan *software* HEC-RAS.



Gambar 4.10. Alur Sungai Romokalisari dari hulu (kiri) ke hilir (kanan) (HEC-RAS)

Ada 30 potongan melintang di sepanjang Sungai Romokalisari, mulai dari KS 1 di hulu hingga KS 30 di hilir (bermuara di Sungai Lamong). Sedangkan di HEC-RAS, penamaannya diubah menjadi RS (*River Station*), mulai dari RS 0 (hilir, KS 30) hingga RS 29 (hulu, KS 1). Penampang sungai diasumsikan memiliki kekasaran Manning 0,07 di *main channel* dan 0,1 di *left overbank* dan *right overbank*. *Boundary condition* di hulu atau RS 29 menggunakan *flow hydrograph*, RS 28 menggunakan *uniform lateral inflow*, dan RS 0 atau hilir menggunakan *stage hydrograph*. *Flow hydrograph* diisi dengan hidrograf yang telah diperoleh dari sub DAS 1 Romokalisari. Debit aliran dasar dimasukkan ke dalam *min flow*. Untuk *stage hydrograph* diasumsikan terjadi pasang di muara Sungai Lamong, dengan elevasi +0,99 m. Hasil simulasi dan perhitungan dengan HEC-RAS dapat dilihat di Lampiran Tabel 7.

Outlet saluran dari kawasan direncanakan berada di antara potongan melintang KS 14 dan KS 15. Dari hasil simulasi

menggunakan HEC-RAS, elevasi muka air banjir di KS 14 adalah +3,41 m dan di KS 15 mencapai +3,33 m. Sedangkan pada saat debit normal, elevasi muka air di KS 14 dan KS 15 masing-masing +1,73 m dan +1,70 m.

4.11. Perhitungan Debit *Outflow* Maksimum

Umumnya, adanya pengembangan suatu kawasan akan menaikkan debit limpasan karena perubahan tata guna lahan. Dalam perencanaan ini, debit yang dikeluarkan dari kawasan sebisa mungkin sama atau kurang dari debit limpasan yang dihasilkan oleh kawasan sebelum adanya pengembangan, sehingga debit limpasan dari kawasan tidak menambah beban debit di Sungai Romokalisari. Berikut adalah perhitungan debit maksimum yang diizinkan keluar dari kawasan perumahan Benowo blok A, B, C:

$$C = 0,8$$

$$L = 2061 \text{ m}$$

$$n_d = 0,3$$

$$S = 0,0008$$

$$t_c = 1,44 \left(\frac{L \times n_d}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} = 1,44 \left(\frac{2061 \times 0,3}{\sqrt{0,0008}} \right)^{0,467}$$

$$t_c = 153,1 \text{ menit} = 2,55 \text{ jam}$$

$$R = 93,04 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{2,55} \right)^{2/3} = 17,27 \text{ mm/jam}$$

$$A = 1,34 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} = \frac{0,8 \times 17,27 \times 1,34}{3,6} = 5,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, debit maksimum yang boleh dikeluarkan dari kawasan perumahan Benowo blok A, B, C adalah 5,13 m³/s.

Perhitungan debit maksimum yang diizinkan keluar dari kawasan perumahan Benowo blok D, E, F:

$$C = 0,8$$

$$L = 815 \text{ m}$$

$$n_d = 0,3$$

$$S = 0,0008$$

$$t_c = 1,44 \left(\frac{L \times n_d}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} = 1,44 \left(\frac{815 \times 0,3}{\sqrt{0,0008}} \right)^{0,467}$$

$$t_c = 99,27 \text{ menit} = 1,65 \text{ jam}$$

$$R = 93,04 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{1,65} \right)^{2/3} = 23,06 \text{ mm/jam}$$

$$A = 586119 \text{ m}^2 = 0,586 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} = \frac{0,8 \times 23,06 \times 0,586}{3,6} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, debit maksimum yang diizinkan keluar dari kawasan perumahan Benowo blok D, E, F adalah 3 m³/s.

4.12. Perencanaan Kolam Tampung

Dalam perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Benowo, direncanakan pula kolam tampung agar volume air dari dalam kawasan bisa dikeluarkan secara teratur ke Sungai Romokalisari sehingga beban Sungai Romokalisari tidak naik secara signifikan. Kolam tampung direncanakan terbuat dari beton sehingga volume tampungan tidak dipengaruhi oleh muka air tanah. Untuk desain kolam tampung digunakan curah hujan dengan periode ulang 10 tahun. Ada dua kolam tampung yang harus didesain untuk sistem drainase kawasan perumahan Benowo. Kolam tampung 1 menerima air dari saluran utama 1, dan kolam tampung 2 menerima air dari saluran utama 2.

Berikut adalah perhitungan volume air dari saluran utama

1:

$$C = 0,73$$

$$A = 1,34 \text{ km}^2$$

$$t_c = 74,13 \text{ menit} = 1,24 \text{ jam}$$

$$t_d = t_c = 1,24 \text{ jam}$$

$$t_b = 2t_c = 2 \times 1,24 = 2,47 \text{ jam}$$

$$R_{24} = 93,04 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_d} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{1,24} \right)^{2/3}$$

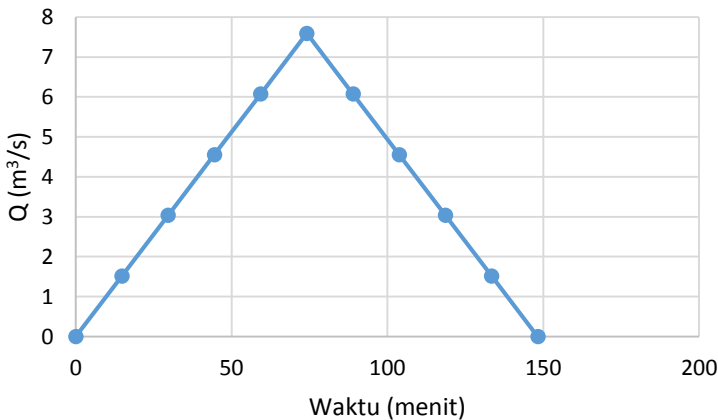
$$I = 28,02 \text{ mm/jam}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A = \frac{0,73 \times 28,02 \times 1,34}{3,6}$$

$$Q = 7,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q \times t_d \times 3600 = 7,59 \times 1,24 \times 3600$$

$$V = 33768,37 \text{ m}^3$$



Gambar 4.11. Hidrograf aliran yang masuk ke kolam tampung 1 saat durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi

Setelah mendapat besarnya volume air yang harus ditampung, selanjutnya adalah merencanakan dimensi kolam tampung. Kedalaman kolam tampung direncanakan setinggi 2,5 m, sudah termasuk tinggi jagaan 30 cm, sehingga kedalaman efektif 2,2 m.

$$h = H - w = 2,5 - 0,3 = 2,2 \text{ m}$$

$$A_{min} = \frac{V}{h} = \frac{33768,37}{2,2} = 15349,3 \text{ m}^2$$

$$P = 225 \text{ m (direncanakan)}$$

$$L = 75 \text{ m}$$

$$A = P.L = 225 \times 75 = 16875 \text{ m}^2 > A_{min} \text{ (oke)}$$

$$V_{kolam} = A.h = 16875 \times 2,2 = 37125 \text{ m}^3$$

Dalam analisis kolam tampung ini, ada tiga skema yang digunakan:

- Durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, operasional tanpa pompa;
- Durasi hujan 4 jam (durasi hujan yang terjadi secara umum di Surabaya), operasional tanpa pompa;
- Durasi hujan 4 jam, operasional dengan pompa.

Skema pertama, $t_d = t_c$ dan operasional kolam tampung tidak menggunakan pompa. Bentuk hidrografnya bisa dilihat pada Gambar 4.11. Debit *outflow* (keluar dari kolam tampung) diasumsikan tidak ada. Hasil perhitungan selengkapnya bisa dilihat dalam Tabel 4.23.

Interval waktu,

$$= \frac{t_c}{5} = \frac{74,13}{5} = 14,82 \text{ menit}$$

Interval debit,

$$= \frac{Q}{5} = \frac{7,59}{5} = 1,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

Elevasi muka air kolam tampung (menit ke-45),

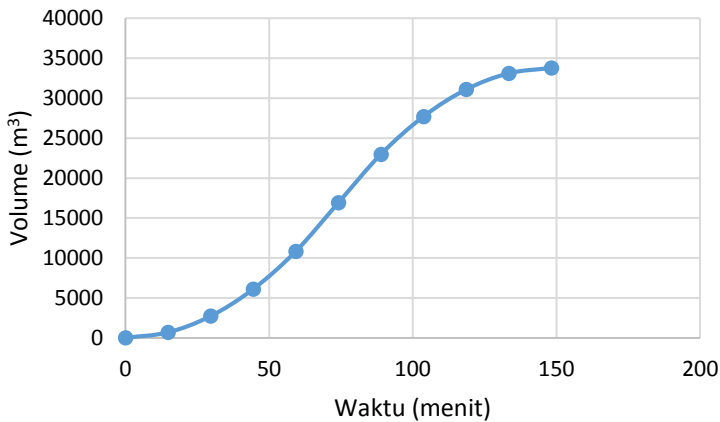
$$= \frac{\sum V}{A} = \frac{6078,3}{16875} = 0,36 \text{ m}$$

Tabel 4.23. Volume Kolam Tampung 1 untuk $t_d = t_c$ Tanpa Operasional Pompa (hasil perhitungan)

t	Q in	V in	V akhir	h
(menit)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m)
0	0	0	0	0
14,8	1,52	675,4	675,4	0,04
29,7	3,04	2026,1	2701,5	0,16
44,5	4,56	3376,8	6078,3	0,36
59,3	6,07	4727,6	10805,9	0,64
74,1	7,59	6078,3	16884,2	1,00
89,0	6,07	6078,3	22962,5	1,36
103,8	4,56	4727,6	27690,1	1,64

Tabel 4.23. Volume Kolam Tampung 1 untuk $t_d = t_c$ Tanpa Operasional Pompa (lanjutan)

t	Q in	V in	V akhir	h
(menit)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m)
118,6	3,04	3376,8	31066,9	1,84
133,4	1,52	2026,1	33093,0	1,96
148,3	0	675,4	33768,4	2,00



Gambar 4.12. Grafik fluktuasi akumulasi volume air dalam kolam tampung 1 untuk skema pertama

Skema kedua, $t_d = 4$ jam dan operasional kolam tampung tidak menggunakan pompa. Debit *outflow* diasumsikan tidak ada. Hasil perhitungan selengkapnya bisa dilihat dalam Tabel 4.24.

$$t_d = 4 \text{ jam} = 240 \text{ menit}$$

$$t_b = 2t_c + (t_d - t_c) = 2 \times 74,13 + (240 - 74,13)$$

$$t_b = 314,13 \text{ menit}$$

Tabel 4.24. Volume *Inflow* Kolam Tampung 1 untuk $t_d = 4$ jam
Tanpa Operasional Pompa (hasil perhitungan)

t	Q in	V in	V akhir	h
(menit)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m)
0	0	0	0	0
14,8	1,52	675,4	675,4	0,04
29,7	3,04	2026,1	2701,5	0,16
44,5	4,56	3376,8	6078,3	0,36
59,3	6,07	4727,6	10805,9	0,64
74,1	7,59	6078,3	16884,2	1,00
89,0	7,59	6753,7	23637,9	1,40
103,8	7,59	6753,7	30391,5	1,80
118,6	7,59	6753,7	37145,2	2,20
133,4	7,59	6753,7	43898,9	2,60
148,3	7,59	6753,7	50652,6	3,00
163,1	7,59	6753,7	57406,2	3,40
177,9	7,59	6753,7	64159,9	3,80
192,7	7,59	6753,7	70913,6	4,20
207,6	7,59	6753,7	77667,2	4,60
222,4	7,59	6753,7	84420,9	5,00
240,0	7,59	8026,3	92447,2	5,48
254,8	6,07	6078,3	98525,5	5,84
269,7	4,56	4727,6	103253,1	6,12
284,5	3,04	3376,8	106629,9	6,32
299,3	1,52	2026,1	108656,0	6,44
314,1	0,00	675,4	109331,4	6,48

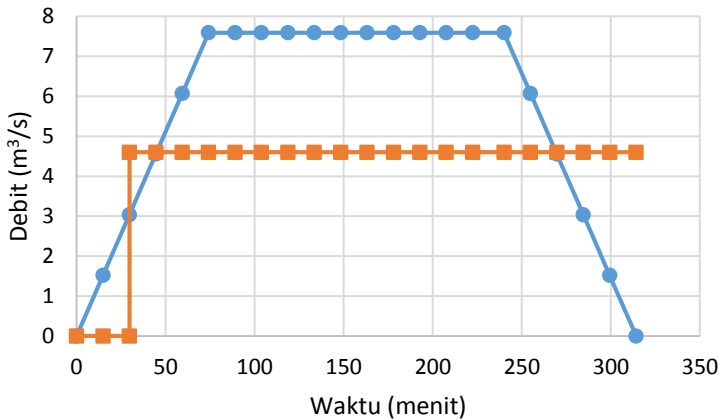
Dari Tabel 4.24 dapat dilihat bahwa tinggi muka air pada kolam tampung melebihi 2,2 m pada menit ke-119 dan dapat meluap setelahnya. Oleh karena itu, diperlukan operasional pompa sehingga elevasi air dalam kolam tampung dapat dipertahankan di bawah 2,2 m.

Skema ketiga, $t_d = 4$ jam dan direncanakan operasional pompa pada kolam tampung. Pompa direncanakan berkapasitas 2300 L/s atau 2,3 m³/s sebanyak 3 buah (2 buah dioperasikan, 1 buah cadangan). Volume tampungan mula-mula direncanakan kosong dengan mengasumsikan adanya pengosongan kolam

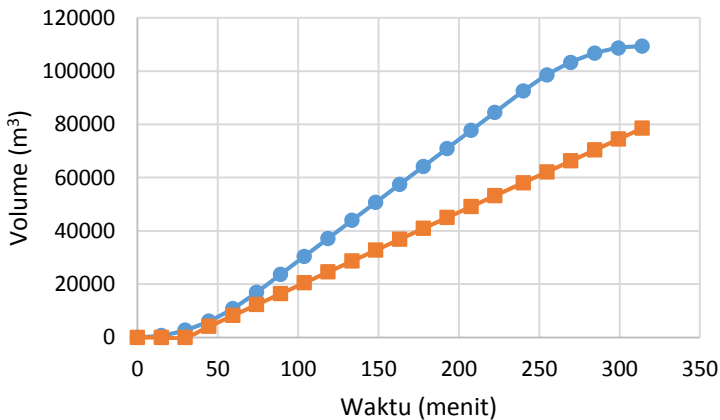
sebelum terjadi hujan. Agar pompa dapat mengosongkan kolam, maka mulut pipa hisap pada pompa direncanakan berada pada elevasi yang sama dengan dasar kolam, dan elevasi dasar kolam yang berada tepat di bawah pipa hisap diturunkan atau dibuat cekungan agar pompa dapat bekerja. Hasil perhitungan tinggi muka air dalam kolam tampung setelah diberi operasional pompa bisa dilihat dalam Tabel 4.25.

Tabel 4.25. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air dalam Kolam Tampung 1 untuk $t_d = 4$ jam dengan Operasional Pompa (hasil perhitungan)

t (menit)	Q in (m ³ /s)	V in (m ³)	Q out (m ³ /s)	V out (m ³)	V akhir (m ³)	h (m)
0	0	0	0	0	0	0
14,8	1,52	675,4	0	0	675,4	0,04
29,7	3,04	2026,1	4,6	0	2701,5	0,16
44,5	4,56	3376,8	4,6	4091,8	1986,5	0,12
59,3	6,07	4727,6	4,6	4091,8	2622,3	0,16
74,1	7,59	6078,3	4,6	4091,8	4608,7	0,27
89,0	7,59	6753,7	4,6	4091,8	7270,6	0,43
103,8	7,59	6753,7	4,6	4091,8	9932,5	0,59
118,6	7,59	6753,7	4,6	4091,8	12594,3	0,75
133,4	7,59	6753,7	4,6	4091,8	15256,2	0,90
148,3	7,59	6753,7	4,6	4091,8	17918,1	1,06
163,1	7,59	6753,7	4,6	4091,8	20579,9	1,22
177,9	7,59	6753,7	4,6	4091,8	23241,8	1,38
192,7	7,59	6753,7	4,6	4091,8	25903,6	1,54
207,6	7,59	6753,7	4,6	4091,8	28565,5	1,69
222,4	7,59	6753,7	4,6	4091,8	31227,4	1,85
240,0	7,59	8026,3	4,6	4862,8	34390,8	2,04
254,8	6,07	6078,3	4,6	4091,8	36377,3	2,16
269,7	4,56	4727,6	4,6	4091,8	37013,1	2,19
284,5	3,04	3376,8	4,6	4091,8	36298,1	2,15
299,3	1,52	2026,1	4,6	4091,8	34232,4	2,03
314,1	0	675,4	4,6	4091,8	30815,9	1,83



Gambar 4.13. Hidrograf aliran yang masuk (biru) ke kolam tampung 1, dan aliran yang keluar (oranye) dengan bantuan pompa



Gambar 4.14. Grafik akumulasi volume air yang masuk (biru) ke kolam tampung 1 dan yang keluar (oranye) dari kolam tampung 1

Dari Tabel 4.25 didapatkan bahwa pompa dapat dinyalakan sejak menit ke-30 atau saat tinggi muka air di kolam

mencapai 0,16 m. Dengan menyalakan dua pompa dari menit ke-30, tinggi muka air maksimum dalam kolam yang bisa dicapai selama terjadi hujan adalah 2,19 m (tidak melebihi tinggi efektif kolam 2,2 m), dengan volume akhir sebesar 30815,9 m³. Debit maksimum yang dikeluarkan oleh pompa adalah 4,6 m³/s.

Setelah terjadi hujan selama 4 jam dan debit *inflow* tidak ada, volume air di kolam tampung 1 masih ada 30815,9 m³. Apabila 2 pompa dioperasikan hingga kolam kosong, maka dibutuhkan waktu 1,86 jam. Apabila hanya 1 pompa yang dioperasikan, maka dibutuhkan 3,72 jam hingga kolam kosong.

Selanjutnya adalah perhitungan volume kolam tampung 2 dari saluran utama 2:

$$C = 0,74$$

$$A = 0,586 \text{ km}^2$$

$$t_c = 56,55 \text{ menit} = 0,94 \text{ jam}$$

$$t_d = t_c = 0,94 \text{ jam}$$

$$t_b = 2t_c = 1,88 \text{ jam}$$

$$R = 93,04 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_d} \right)^{2/3} = \frac{93,04}{24} \left(\frac{24}{0,94} \right)^{2/3}$$

$$I = 33,55 \text{ mm/jam}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A = \frac{0,74 \times 33,55 \times 0,586}{3,6}$$

$$Q = 4,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q \times t_d = 4,06 \times 0,94 \times 3600 = 13783,66 \text{ m}^3$$

Kedalaman efektif kolam tampung 2 direncanakan setinggi 2,2 m.

$$A_{min} = \frac{V}{h} = \frac{13783,66}{2,2} = 6265,3 \text{ m}^2$$

$$P = 138 \text{ m (direncanakan)}$$

$$L = 46 \text{ m}$$

$$A = P \cdot L = 138 \times 46 = 6348 \text{ m}^2 > A_{min} \text{ (oke)}$$

$$V_{kolam} = A \cdot h = 6348 \times 2,2 = 13965,6 \text{ m}^3$$

Skema pertama, durasi hujan (t_d) sama dengan waktu konsentrasi (t_c) dan tidak ada operasional pompa (tidak ada debit *outflow*).

Interval waktu,

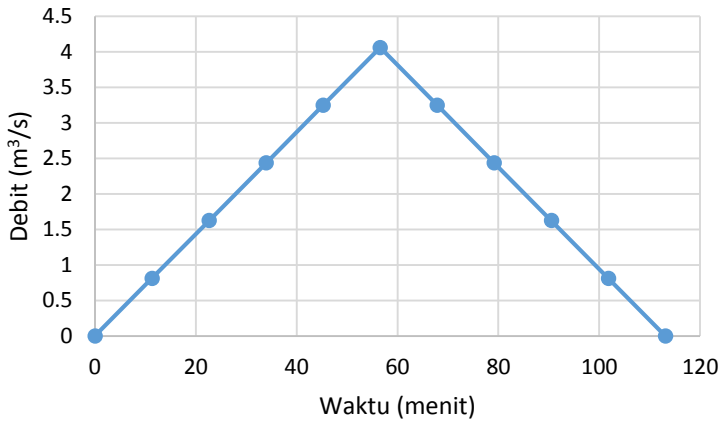
$$= \frac{t_c}{5} = \frac{56,55}{5} = 11,31 \text{ menit}$$

Interval debit,

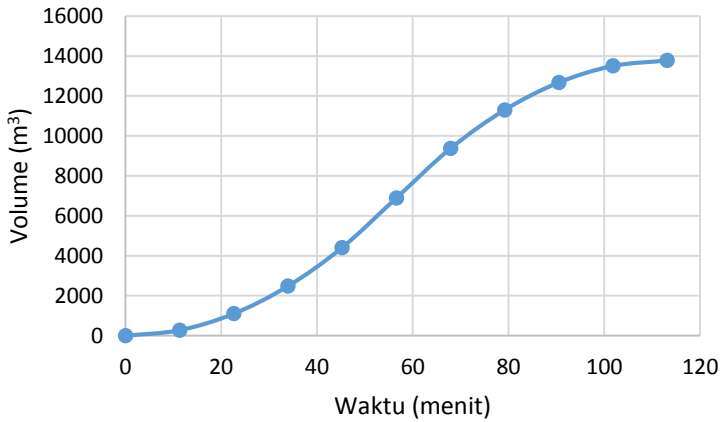
$$= \frac{Q}{5} = \frac{4,06}{5} = 0,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4.26. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air Kolam Tampung 2 untuk Skema Pertama (hasil perhitungan)

t	Q in	V in	V akhir	h
(menit)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m)
0	0	0	0	0
11,31	0,81	275,67	275,67	0,04
22,62	1,62	827,02	1102,69	0,17
33,93	2,44	1378,37	2481,06	0,39
45,24	3,25	1929,71	4410,77	0,69
56,55	4,06	2481,06	6891,83	1,09
67,87	3,25	2481,06	9372,89	1,48
79,18	2,44	1929,71	11302,60	1,78
90,49	1,62	1378,37	12680,97	2,00
101,80	0,81	827,02	13507,99	2,13
113,11	0	275,67	13783,66	2,17



Gambar 4.15. Hidrograf aliran yang masuk ke kolam tampung 2 ketika $t_d = t_c$ (skema pertama)



Gambar 4.16. Grafik akumulasi volume air dalam kolam tampung 2 (skema pertama)

Skema kedua, durasi hujan 4 jam (durasi hujan secara umum di Surabaya), dan belum ada debit *outflow*.

$t_c = 56,55$ menit

$$t_d = 4 \text{ jam} = 240 \text{ menit}$$

$$t_b = 2t_c + (t_d - t_c) = 2 \times 56,55 + (240 - 56,55)$$

$$t_b = 296,55 \text{ menit}$$

Tabel 4.27. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air di Kolam
Tampung 2 untuk Skema Kedua (hasil perhitungan)

t	Q in	V in	V akhir	h
(menit)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m)
0	0	0	0	0
11,31	0,81	275,67	275,67	0,04
22,62	1,62	827,02	1102,69	0,17
33,93	2,44	1378,37	2481,06	0,39
45,24	3,25	1929,71	4410,77	0,69
56,55	4,06	2481,06	6891,83	1,09
67,87	4,06	2756,73	9648,56	1,52
79,18	4,06	2756,73	12405,29	1,95
90,49	4,06	2756,73	15162,02	2,39
101,80	4,06	2756,73	17918,76	2,82
113,11	4,06	2756,73	20675,49	3,26
124,42	4,06	2756,73	23432,22	3,69
135,73	4,06	2756,73	26188,95	4,13
147,04	4,06	2756,73	28945,68	4,56
158,35	4,06	2756,73	31702,41	4,99
169,66	4,06	2756,73	34459,15	5,43
180,97	4,06	2756,73	37215,88	5,86
192,29	4,06	2756,73	39972,61	6,30
203,60	4,06	2756,73	42729,34	6,73
214,91	4,06	2756,73	45486,07	7,17
226,22	4,06	2756,73	48242,80	7,60
240,00	4,06	3359,05	51601,86	8,13
251,31	3,25	2481,06	54082,92	8,52
262,62	2,44	1929,71	56012,63	8,82
273,93	1,62	1378,37	57390,99	9,04
285,24	0,81	827,02	58218,01	9,17
296,55	0	275,67	58493,69	9,21

Dari Tabel 4.27 dapat dilihat bahwa muka air dalam kolam tampung 2 melebihi tinggi efektifnya pada menit ke-90. Oleh karena itu, perlu direncanakan operasional pompa.

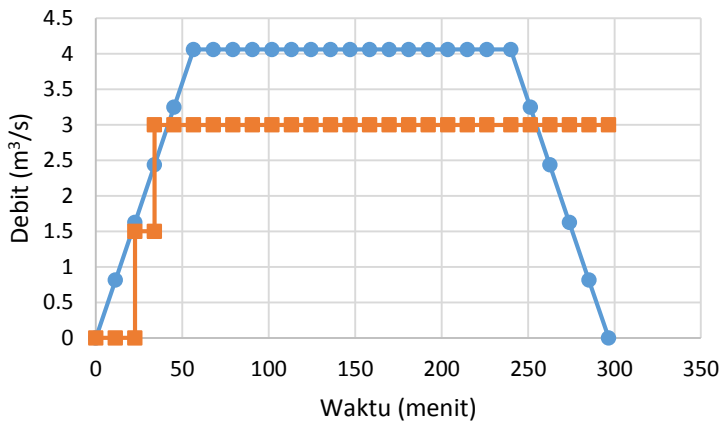
Skema ketiga, durasi hujan 4 jam, dan direncanakan adanya operasional pompa. Pompa direncanakan berkapasitas 1500 L/s atau 1,5 m³/s sebanyak 3 buah (2 buah dioperasikan, 1 buah sebagai cadangan). Volume dalam kolam mula-mula kosong karena diasumsikan kolam tampung dikosongkan sebelum terjadi hujan. Agar dapat dilakukan pengosongan kolam, mulut pipa hisap pada pompa direncanakan dengan elevasi yang sama dengan dasar kolam, dan diberi cekungan di bawahnya. Hasil perhitungan volume akhir dan tinggi muka air dalam kolam dapat dilihat di Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air di Kolam Tampung 2 untuk Skema Ketiga (hasil perhitungan)

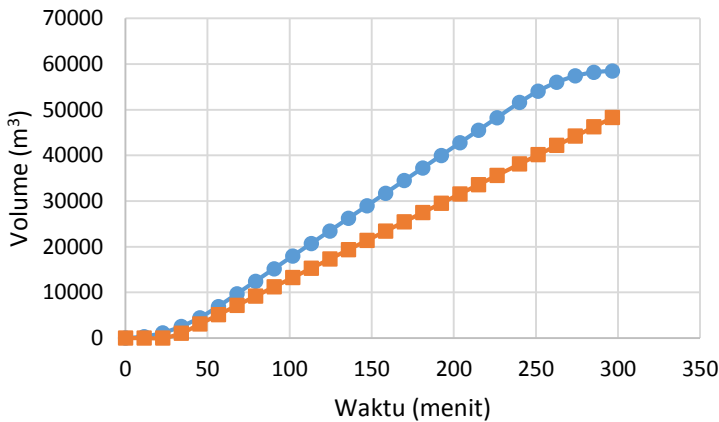
t	Q in	V in	Q out	V out	V akhir	h
(menit)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m)
0	0	0	0	0	0	0
11,31	0,81	275,67	0	0	275,67	0,04
22,62	1,62	827,02	1,5	0	1102,69	0,17
33,93	2,44	1378,37	3	1017,98	1463,08	0,23
45,24	3,25	1929,71	3	2035,96	1356,83	0,21
56,55	4,06	2481,06	3	2035,96	1801,93	0,28
67,87	4,06	2756,73	3	2035,96	2522,70	0,40
79,18	4,06	2756,73	3	2035,96	3243,47	0,51
90,49	4,06	2756,73	3	2035,96	3964,24	0,62
101,80	4,06	2756,73	3	2035,96	4685,02	0,74
113,11	4,06	2756,73	3	2035,96	5405,79	0,85
124,42	4,06	2756,73	3	2035,96	6126,56	0,97
135,73	4,06	2756,73	3	2035,96	6847,33	1,08
147,04	4,06	2756,73	3	2035,96	7568,10	1,19
158,35	4,06	2756,73	3	2035,96	8288,87	1,31
169,66	4,06	2756,73	3	2035,96	9009,65	1,42
180,97	4,06	2756,73	3	2035,96	9730,42	1,53
192,29	4,06	2756,73	3	2035,96	10451,19	1,65
203,60	4,06	2756,73	3	2035,96	11171,96	1,76

Tabel 4.28. Volume Akhir dan Tinggi Muka Air di Kolam Tampung 2 untuk Skema Ketiga (lanjutan)

t (menit)	Q in (m ³ /s)	V in (m ³)	Q out (m ³ /s)	V out (m ³)	V akhir (m ³)	h (m)
214,91	4,06	2756,73	3	2035,96	11892,73	1,87
226,22	4,06	2756,73	3	2035,96	12613,50	1,99
240,00	4,06	3359,05	3	2480,80	13491,76	2,13
251,31	3,25	2481,06	3	2035,96	13936,86	2,20
262,62	2,44	1929,71	3	2035,96	13830,61	2,18
273,93	1,62	1378,37	3	2035,96	13173,01	2,08
285,24	0,81	827,02	3	2035,96	11964,07	1,88
296,55	0	275,67	3	2035,96	10203,79	1,61



Gambar 4.17. Hidrograf aliran masuk (biru) ke kolam tampung 2, dan aliran keluar (oranye) dengan bantuan pompa



Gambar 4.18. Grafik akumulasi volume *inflow* (biru) dan *outflow* (oranye) di kolam tampung 2

Dari Tabel 4.28 didapat bahwa pompa dapat dinyalakan mulai menit ke-23 atau saat muka air setinggi 0,17 m. Pompa pertama dinyalakan mulai menit ke-23 dan pompa kedua dinyalakan mulai menit ke-34. Tinggi muka air maksimum yang bisa dicapai adalah 2,2 m. Volume akhir dalam kolam sebesar 10203,79 m³. Debit maksimum yang keluar dari kolam tampung 2 dengan pompa adalah 3 m³/s.

Setelah terjadi hujan selama 4 jam dan debit inflow sudah tidak ada, volume air dalam kolam tampung 2 masih ada 10203,79 m³. Apabila 2 pompa dioperasikan sampai kolam kosong, maka dibutuhkan waktu 0,95 jam. Apabila hanya 1 pompa yang dioperasikan, maka dibutuhkan waktu 1,89 jam hingga kolam kosong.

4.13. Perhitungan Elevasi

Elevasi dasar saluran dan muka tanah perlu direncanakan dan dihitung supaya air dari kawasan dapat dialirkan dengan baik hingga ke *outlet*-nya, yaitu Sungai Romokalisari. Dari hasil

analisis muka air Sungai Romokalisari dengan HEC-RAS didapatkan

Elevasi dasar sungai +0,45 m

Elevasi muka air sungai (debit normal) +1,73 m

Elevasi muka air sungai (debit 10 tahunan) +3,41 m

Elevasi tanggul +2,27 m.

Dikarenakan HEC-RAS menyimulasikan muka air secara 1D, maka luapan air dari sungai terbatas oleh bentuk penampang yang digambarkan. Oleh karena itu, elevasi muka air banjir +3,41 m belum bisa dijadikan acuan dalam merencanakan elevasi saluran. Untuk keperluan perencanaan, elevasi saluran akan mengacu kepada elevasi muka air normal, yakni +1,73 m.

Elevasi dasar saluran di *outlet* direncanakan 0,5 m di atas dasar Sungai Romokalisari. Berikut adalah perhitungan elevasi untuk saluran dari pintu kolam tampung 1 hingga *outlet*:

Sebelah hilir (*outlet*)

Elevasi dasar saluran: $0,45 + 0,5 = +0,95$ m

Elevasi muka air: +1,73 m

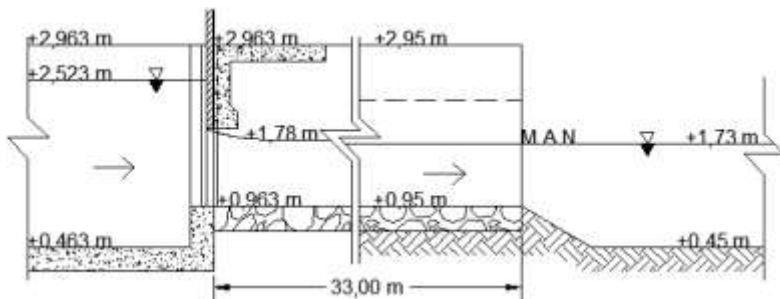
Elevasi muka tanah: $0,95 + 2 = +2,95$ m

Sebelah hulu (depan pintu kolam tampung 1)

Elevasi dasar saluran: $0,95 + 0,0004 \times 33 = +0,963$ m

Elevasi muka air: +1,78 m (dari analisis profil muka air)

Elevasi muka tanah: $0,963 + 2 = +2,963$ m



Gambar 4.19. Potongan memanjang saluran dari kolam tampung 1 ke *outlet*

Berikut adalah perhitungan elevasi untuk saluran dari pintu kolam tampung 2 hingga *outlet*:

Sebelah hilir (*outlet*)

Elevasi dasar saluran: $0,45 + 0,5 = +0,95$ m

Elevasi muka air: $+1,73$ m

Elevasi muka tanah: $0,95 + 2 = +2,95$ m

Sebelah hulu (depan pintu kolam tampung 2)

Elevasi dasar saluran: $0,95 + 0,0004 \times 28 = +0,961$ m

Elevasi muka air: $+1,78$ m (dari analisis profil muka air)

Elevasi muka tanah: $0,961 + 2 = +2,961$ m

Hasil perhitungan elevasi saluran di kawasan dari hulu hingga hilir (di kolam tampung) dapat dilihat di Lampiran Tabel 8.

4.14. Analisis Profil Muka Air

Elevasi saluran serta muka air di *outlet* telah direncanakan seperti pada Gambar 4.16. Analisis profil muka air dilakukan untuk mengetahui pengaruh air balik dan air surut dari sungai terhadap saluran di kawasan serta tinggi muka air di depan pintu kolam tampung. Analisis profil muka air ini menggunakan metode tahapan langsung (*direct step method*).

Berikut adalah perhitungan tinggi muka air di depan pintu kolam tampung 1:

$Q = 5,13 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit maksimum yang diizinkan keluar)

$b = 5$ m

$T = b = 5$ m

$h_n = 1,19$ m

$$A = b \times h_c = 5h_c$$

$$D = \frac{A}{T} = \frac{5h_c}{5} = h_c$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{5,13}{5h_c} = \frac{1,026}{h_c}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gD}} = \frac{1,026}{h_c \sqrt{9,81h_c}}$$

Dengan cara coba-coba hingga $Fr = 1$, maka didapatkan kedalaman kritisnya

$$h_c = 0,48 \text{ m}$$

$$F_r = \frac{1,026}{h_c \sqrt{9,81 h_c}} = \frac{1,026}{0,48 \sqrt{9,81 \times 0,48}} \approx 1$$

$$L = 33 \text{ m (panjang saluran dari kolam ke sungai)}$$

$$S = 0,0004$$

$$n = 0,02$$

$$h = 0,78 \text{ m} < h_n \text{ (profil M2 atau terjadi aliran surut)}$$

$$A = b \times h = 5 \times 0,78 = 3,9 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h = 5 + 2 \times 0,78 = 6,56 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3,9}{6,56} = 0,59 \text{ m}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{5,13}{3,9} = 1,32 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{v^2}{2g} + h = \frac{1,32^2}{2 \times 9,81} + 0,78 = 0,87 \text{ m}$$

$$S_e = \frac{v^2 \times n^2}{R^{4/3}} = \frac{1,32^2 \times 0,02^2}{0,59^{4/3}} = 0,0014$$

Tabel 4.29. Analisis Profil Muka Air di Depan Pintu Kolam Tampung 1 (hasil perhitungan)

h	R	v	E	ΔE	Se	Sert	S-Sert	x
(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)				(m)
0,78	0,59	1,32	0,87		1,4E-03			
0,80	0,61	1,28	0,88	-1,6E-02	1,3E-03	1,3E-03	-9,4E-04	17
0,82	0,62	1,26	0,90	-1,4E-02	1,2E-03	1,2E-03	-8,4E-04	33
1,00	0,71	1,03	1,05	-1,6E-01	6,6E-04	9,3E-04	-5,3E-04	326
1,10	0,76	0,93	1,14	-9,1E-02	5,0E-04	5,8E-04	-1,8E-04	830
1,19	0,80	0,87	1,22	-8,1E-02	4,0E-04	4,5E-04	-5,0E-05	2455

Dari Tabel 4.29 dapat diketahui bahwa muka air di depan pintu saluran utama 1 setinggi 0,82 m, dan pengaruh aliran surut sejauh 2455 m.

Selanjutnya adalah analisis profil muka air di depan pintu kolam tampung 2:

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 3 \text{ m}$$

$$T = b = 3 \text{ m}$$

$$h_n = 1,28 \text{ m}$$

$$A = b \times h_c = 3h_c$$

$$D = \frac{A}{T} = \frac{3h_c}{3} = h_c$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1}{3h_c} = \frac{1}{h_c}$$

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gD}} = \frac{1}{h_c \sqrt{9,81h_c}}$$

Dengan cara coba-coba hingga $Fr = 1$, maka didapatkan kedalaman kritisnya

$$h_c = 0,47 \text{ m}$$

$$F_r = \frac{1}{h_c \sqrt{9,81h_c}} = \frac{1}{0,47 \sqrt{9,81 \times 0,47}} \approx 1$$

$$L = 28 \text{ m}$$

$$S = 0,0004$$

$$n = 0,02$$

$$h = 0,78 \text{ m} > h_n \text{ (profil M2 atau terjadi aliran surut)}$$

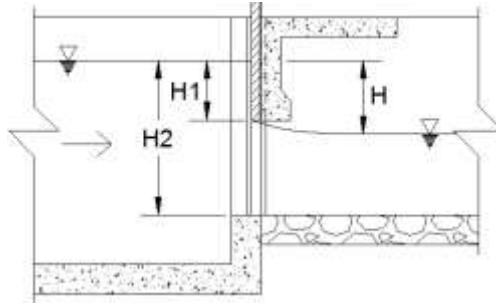
Tabel 4.30. Analisis Profil Muka Air di Depan Pintu Kolam
Tampung 2 (hasil perhitungan)

h	R	v	E	ΔE	Se	Sert	S-Sert	x
(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)				(m)
0,78	0,51	1,28	0,86		1,6E-03			
0,80	0,52	1,25	0,88	-0,02	1,5E-03	1,5E-03	-1,1E-03	14
0,82	0,53	1,22	0,89	-0,01	1,4E-03	1,4E-03	-1,0E-03	28
1,00	0,60	1,00	1,05	-0,16	7,9E-04	1,1E-03	-6,9E-04	253
1,10	0,63	0,91	1,14	-0,09	6,1E-04	7,0E-04	-3,0E-04	557
1,28	0,69	0,78	1,31	-0,17	4,0E-04	5,0E-04	-1,0E-04	2194

Dari Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa tinggi muka air di depan pintu saluran utama 2 adalah 0,82 m, dan pengaruh aliran surutnya sejauh 2194 m.

4.15. Perencanaan Pintu Air

Pintu air direncanakan berada di saluran utama yang menghubungkan kolam tampung dengan Sungai Romokalisari. Pintu air dibuat dari pelat dan rangka baja. Namun dalam perencanaan ini, perhitungan pintu air hanya difokuskan di tinggi bukaan pintu, tebal pelat, dan diameter stang yang dibutuhkan.



Gambar 4.20. Sketsa aliran bawah pintu dengan muka air di hilir lebih rendah dari bukaan pintu

Berikut adalah perhitungan tinggi bukaan pintu air kolam tampung 1:

$Q = 5,13 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit maksimum yang boleh keluar)

$C_d = 0,8$

$B = 0,8 \text{ m}$ (lebar bukaan pintu, direncanakan ada 1 pintu)

$H_2 = 1,56 \text{ m}$

$H = 0,74 \text{ m}$

$$Q_{\text{pintu}} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} C_d B \left(H_2^{3/2} - H_1^{3/2} \right) \sqrt{2g}$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} \times 0,8 \times 0,8 (1,56^{1,5} - H_1^{1,5}) \sqrt{2 \times 9,81}$$

$$Q_2 = C_d B (H_2 - H_1) \sqrt{2gH}$$

$$Q_2 = 0,8 \times 0,8 (1,56 - H_1) \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,74}$$

$$Q_1 + Q_2 = 5,13$$

Dengan cara coba-coba, maka diperoleh

$$H_1 = 0,60 \text{ m}$$

Tinggi bukaan pintu,

$$a = H_2 - H_1 = 1,56 - 0,60 = 0,96 \text{ m}$$

Perencanaan dan perhitungan tebal pelat dan diameter stang angkat pintu air kolam tampung 1:

$$\text{Tinggi pintu} = H_2 + 0,10 = 1,66 \text{ m} \sim 1,70 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pintu} = B + 0,20 = 1 \text{ m}$$

$$P = \rho \times g \times H_2 = 1000 \times 9,81 \times 1,56 = 15302,44 \text{ N/m}^2$$

$$F = P \times B \times H_2 = 15302,44 \times 0,8 \times 1,56 = 19096 \text{ N}$$

$$M_{max} = \frac{1}{4} \times F \times B = \frac{1}{4} \times 19096 \times 0,8 = 3819,2 \text{ N.m}$$

$$\sigma = 160 \text{ MPa}$$

Tebal pelat pintu,

$$= \sqrt{\frac{6 \times M_{max}}{H_2 \times \sigma \times 10^6}} = \sqrt{\frac{6 \times 3819,2}{1,56 \times 160 \times 10^6}} = 0,0096 \text{ m}$$

Tebal pintu menggunakan pelat baja 10 mm

Berat pintu,

$$m_p = \rho \times V_p = 7850 \times 1,7 \times 1 \times \frac{10}{1000} = 133,45 \text{ kg}$$

Berat lain-lain (sambungan, rangka, dll),

$$m_a = 25\% \times m_p = \frac{133,45}{4} = 33,36 \text{ kg}$$

Berat total,

$$m_t = m_p + m_a = 133,45 + 33,36 = 166,81 \text{ kg}$$

Gaya berat akibat pintu,

$$F_p = m_t \times g = 166,81 \times 9,81 = 1636,43 \text{ N}$$

Gaya akibat gesekan dengan air,

$$F_a = \mu \times F = 0,4 \times 19096 = 7638,4 \text{ N}$$

Gaya total,

$$F_t = F_p + F_a = 1636,43 + 7638,4 = 9274,83 \text{ N}$$

Diameter stang angkat,

$$D = \sqrt{\frac{4F_t}{\pi \times \sigma \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4 \times 9274,83}{3,14 \times 160 \times 10^6}} = 0,0086 \text{ m}$$

Diameter stang yang digunakan 16 mm

Perhitungan tinggi bukaan pintu air kolam tampung 2:

$Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit maksimum yang boleh keluar)

$C_d = 0,8$

$B = 0,5 \text{ m}$ (lebar bukaan pintu, direncanakan ada 1 pintu)

$H_2 = 1,60 \text{ m}$

$H = 0,79 \text{ m}$

$Q_{\text{pintu}} = Q_1 + Q_2$

$$Q_1 = \frac{2}{3} C_d B \left(H_2^{3/2} - H_1^{3/2} \right) \sqrt{2g}$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} \times 0,8 \times 0,5 (1,6^{1,5} - H_1^{1,5}) \sqrt{2 \times 9,81}$$

$$Q_2 = C_d B (H_2 - H_1) \sqrt{2gH}$$

$$Q_2 = 0,8 \times 0,5 (1,6 - H_1) \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,79}$$

$$Q_1 + Q_2 = 3$$

Dengan cara coba-coba, maka diperoleh

$H_1 = 0,74 \text{ m}$

Tinggi bukaan pintu,

$$a = H_2 - H_1 = 1,60 - 0,74 = 0,86 \text{ m}$$

Perencanaan dan perhitungan tebal pelat dan diameter stang angkat pintu air kolam tampung 2:

Tinggi pintu = $H_2 + 0,10 = 1,70 \text{ m}$

Lebar pintu = $B + 0,20 = 0,70 \text{ m}$

$$P = \rho \times g \times H_2 = 1000 \times 9,81 \times 1,60 = 15740,2 \text{ N/m}^2$$

$$F = P \times B \times H_2 = 16465,7 \times 0,5 \times 1,60 = 12627,6 \text{ N}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{4} \times F \times B = \frac{1}{4} \times 12627,6 \times 0,5 = 1578,44 \text{ N.m}$$

$\sigma = 160 \text{ MPa}$

Tebal pintu,

$$= \sqrt{\frac{6 \times M_{\text{max}}}{H_2 \times \sigma \times 10^6}} = \sqrt{\frac{6 \times 1578,44}{1,60 \times 160 \times 10^6}} = 0,0061 \text{ m}$$

Tebal pintu menggunakan pelat baja 8 mm

Berat pintu,

$$m_p = \rho \times V_p = 7850 \times 1,7 \times 0,7 \times \frac{8}{1000} = 74,73 \text{ kg}$$

Berat lain-lain (sambungan, rangka, dll),

$$m_a = 25\% \times m_p = \frac{74,73}{4} = 18,68 \text{ kg}$$

Berat total,

$$m_t = m_p + m_a = 74,73 + 18,68 = 93,42 \text{ kg}$$

Gaya berat akibat pintu,

$$F_p = m_t \times g = 93,42 \times 9,81 = 916,4 \text{ N}$$

Gaya akibat gesekan dengan air,

$$F_a = \mu \times F = 0,4 \times 12627,6 = 5051,02 \text{ N}$$

Gaya total,

$$F_t = F_p + F_a = 916,4 + 5051,02 = 5967,42 \text{ N}$$

Diameter stang angkat,

$$D = \sqrt{\frac{4F_t}{\pi \times \sigma \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4 \times 5967,42}{3,14 \times 160 \times 10^6}} = 0,0069 \text{ m}$$

Diameter stang yang digunakan 16 mm

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dibahas di bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Tinggi hujan harian rencana periode ulang 2, 5, dan 10 tahun adalah masing-masing 69,14 mm, 83,78 mm, dan 93,04 mm.
- b. Debit banjir rencana periode ulang 5 tahun di saluran cabang maksimum 3,21 m³/s. Debit rencana 10 tahun di saluran utama 1 dan 2 adalah masing-masing 7,59 m³/s dan 4,06 m³/s.
- c. Dimensi saluran yang dibutuhkan di saluran cabang minimum 50×50 cm dan maksimum 2×2 m, saluran utama 1 membutuhkan dimensi 5×2 m, dan saluran utama 2 membutuhkan dimensi 3×2 m.
- d. Volume kolam tampung 1 37.125 m³ dengan dimensi 225×75×2,2 m, volume kolam tampung 2 13.965,6 m³ dengan dimensi 138×46×2,2 m. Kolam tampung 1 dilengkapi dengan 3 pompa kapasitas 2,3 m³/s, sedangkan kolam tampung 2 dilengkapi dengan 3 pompa kapasitas 1,5 m³/s. Debit maksimum yang boleh dikeluarkan atau diizinkan keluar dari kolam tampung 1 dan 2 (baik dengan pompa atau pintu) masing-masing 5,13 m³/s dan 3 m³/s.
- e. Elevasi minimum dasar saluran dalam kawasan +0,95 m, elevasi minimum muka tanah dalam kawasan +2,95 m, elevasi maksimum dasar saluran dalam kawasan +3,57 m, elevasi maksimum muka tanah kawasan +4,21 m.

5.2. Saran

Berikut adalah saran yang bisa menjadi pertimbangan bagi penyelesaian permasalahan yang ada namun tidak terlalu banyak dibahas dalam laporan Tugas Akhir ini:

- a. Kapasitas Sungai Romokalisari tidak cukup besar untuk menampung debit banjir periode ulang 10 tahun akibat perubahan tata guna lahan di daerah hulu maupun tengah DAS

Romokalisari, sehingga perlu diadakan usaha normalisasi sungai atau pembuatan tanggul;

- b. Perlu adanya perencanaan pintu air di muara Sungai Romokalisari karena pasang-surut muka air di Sungai Lamong memengaruhi muka air di Sungai Romokalisari dan menimbulkan *backwater* ke arah hulu Sungai Romokalisari;
- c. Muka air banjir di Sungai Romokalisari perlu dimodelkan dengan *software* secara dua dimensi (2D) agar elevasi muka air banjir yang didapatkan lebih *reliable*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Nadjadji. 2012. **Rekayasa Sumber Daya Air**. Surabaya: ITS Press.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2016. **Kecamatan Benowo dalam Angka**. Surabaya: Badan Pusat Statistik.
- Bambang, T. 2008. **Hidrologi Terapan**. Yogyakarta: Beta Offset.
- Chin, David A. 2000. **Water-Resources Engineering**. Prentice-Hall.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill.
- Chow, Ven Te. 1959. **Open-Channel Hydraulics**. Blackburn Press.
- Ghosh, S.N. 2014. **Flood Control and Drainage Engineering**. Leiden: CRC Press.
- Kamiana, I Made. 2011. **Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Wesli. 2008. **Drainase Perkotaan**. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (hasil perhitungan)

BLOK A													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
2	1-2	161	0	0,95	0	0,7	9651	0,35	966	0,95	4295,55	10617	0,40
4	3-4	98	0	0,95	0	0,7	0	0,35	588	0,95	558,6	588	0,95
5	3-5	144	1856	0,95	3907	0,7	1439	0,35	864	0,95	5822,55	8066	0,72
5	4-5	89	0	0,95	0	0,7	0	0,35	1122	0,95	1065,9	1122	0,95
7	5-7	22	1856	0,95	3907	0,7	1439	0,35	1986	0,95	6888,45	9188	0,75
7	6-7	198	8516	0,95	5557	0,7	0	0,35	1188	0,95	13108,7	15261	0,86
8	6-8	80	0	0,95	0	0,7	0	0,35	480	0,95	456	480	0,95
9	7-9	135	10372	0,95	9464	0,7	1439	0,35	3984	0,95	20766,65	25259	0,82
9	8-9	308	10165	0,95	2712	0,7	1196	0,35	2328	0,95	14185,35	16401	0,86
11	9-11	22	20537	0,95	12176	0,7	2635	0,35	6312	0,95	34952	41660	0,84
11	10-11	327	13045	0,95	5763	0,7	0	0,35	1962	0,95	18290,75	20770	0,88
12	10-12	99	0	0,95	0	0,7	0	0,35	594	0,95	564,3	594	0,95
13	11-13	135	33582	0,95	17939	0,7	2635	0,35	9084	0,95	54012,25	63240	0,85
13	12-13	421	14710	0,95	5425	0,7	1298	0,35	3120	0,95	21190,3	24553	0,86
15	14-15	229	8472	0,95	3878	0,7	0	0,35	1374	0,95	12068,3	13724	0,88
16	14-16	95	0	0,95	0	0,7	0	0,35	570	0,95	541,5	570	0,95
17	15-17	96	8472	0,95	3878	0,7	0	0,35	1950	0,95	12615,5	14300	0,88
17	16-17	230	8472	0,95	3878	0,7	0	0,35	1950	0,95	12615,5	14300	0,88
19	13-19	22	48292	0,95	23364	0,7	3933	0,35	12204	0,95	75202,55	87793	0,86
19	18-19	191	7299	0,95	4344	0,7	0	0,35	1146	0,95	11063,55	12789	0,87
20	17-20	16	16944	0,95	7756	0,7	0	0,35	3900	0,95	25231	28600	0,88

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK A													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
20	18-20	96	0	0,95	0	0,7	0	0,35	576	0,95	547,2	576	0,95
21	19-21	120	55591	0,95	27708	0,7	3933	0,35	14070	0,95	86950,1	101302	0,86
21	20-21	284	26472	0,95	11407	0,7	1326	0,35	6180	0,95	39468,4	45385	0,87
22	1-22	367	0	0,95	0	0,7	27231	0,35	2202	0,95	11622,75	29433	0,39
23	22-23	227	9500	0,95	2912	0,7	27231	0,35	3564	0,95	23980,05	43207	0,56
25	23-25	54	9500	0,95	2912	0,7	27231	0,35	4266	0,95	24646,95	43909	0,56
25	24-25	280	6234	0,95	4367	0,7	0	0,35	3640	0,95	12437,2	14241	0,87
27	26-27	254	10132	0,95	4100	0,7	549	0,35	1524	0,95	14135,35	16305	0,87
28	25-28	30	15734	0,95	7279	0,7	27231	0,35	7906	0,95	37084,15	58150	0,64
28	26-28	55	0	0,95	0	0,7	0	0,35	715	0,95	679,25	715	0,95
29	27-29	80	10132	0,95	4100	0,7	549	0,35	2004	0,95	14591,35	16785	0,87
29	28-29	243	22285	0,95	11817	0,7	27231	0,35	11780	0,95	50164,5	73113	0,69
30	21-30	27	82063	0,95	39115	0,7	5259	0,35	20250	0,95	126418,5	146687	0,86
31	29-31	17	32417	0,95	15917	0,7	27780	0,35	13784	0,95	64755,85	89898	0,72
31	30a-31	97	0	0,95	0	0,7	0	0,35	582	0,95	552,9	582	0,95
33	2-33	1644	69862	0,95	5537	0,7	71584	0,35	10830	0,95	105587,7	157813	0,67
33	32-33	133	0	0,95	0	0,7	13375	0,35	798	0,95	5439,35	14173	0,38
34	30-34	1021	117719	0,95	49769	0,7	11339	0,35	26376	0,95	175697,2	205203	0,86
34	33-34	16	69862	0,95	5537	0,7	84959	0,35	11628	0,95	111027,1	171986	0,65
35	31-35	968	56780	0,95	26891	0,7	32847	0,35	26950	0,95	109863,7	143468	0,77
35	34-35	84	187581	0,95	55306	0,7	96298	0,35	38508	0,95	287203,1	377693	0,76

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK A													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
37	36-37	115	4204	0,95	1524	0,7	0	0,35	690	0,95	5716,1	6418	0,89
38	35-38	16	244361	0,95	82197	0,7	129145	0,35	65458	0,95	397066,7	521161	0,76
38	37-38	83	4204	0,95	1524	0,7	0	0,35	1188	0,95	6189,2	6916	0,89
39	38-39	344	252885	0,95	86274	0,7	129145	0,35	71118	0,95	413395,4	539422	0,77
BLOK B													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
2	1-2	570	12725	0,95	2952	0,7	17862	0,35	7410	0,95	27446,35	40949	0,67
3	2-3	447	19548	0,95	5762	0,7	31078	0,35	13221	0,95	46041,25	69609	0,66
5	4-5	82	2040	0,95	1303	0,7	1947	0,35	492	0,95	3998,95	5782	0,69
6	5-6	83	2040	0,95	1303	0,7	1947	0,35	990	0,95	4472,05	6280	0,71
7	6-7	121	4995	0,95	3027	0,7	2714	0,35	1716	0,95	9444,25	12452	0,76
8	7-8	241	10661	0,95	4282	0,7	12852	0,35	3162	0,95	20627,45	30957	0,67
9	3-9	393	19548	0,95	5762	0,7	50627,64	0,35	18330	0,95	57737,17	94267,64	0,61
9	8-9	71	10661	0,95	4282	0,7	12852	0,35	3588	0,95	21032,15	31383	0,67
11	10-11	87	2145,6	0,95	536,4	0,7	6502	0,35	522	0,95	5185,4	9706	0,53
12	11-12	126	2145,6	0,95	536,4	0,7	15684	0,35	1278	0,95	9117,3	19644	0,46
13	12-13	364	12432,6	0,95	4134,4	0,7	15684	0,35	3462	0,95	23483,35	35713	0,66
14	9-14	26	30209	0,95	10044	0,7	63479,64	0,35	21918	0,95	78769,32	125650,6	0,63
14	13-14	53	12432,6	0,95	4134,4	0,7	15684	0,35	3780	0,95	23785,45	36031	0,66

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK B													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
15	14-15	584	52705,6	0,95	19992,4	0,7	90855,64	0,35	33290	0,95	127490	196843,6	0,65
19	18-19	116	1572	0,95	880	0,7	0	0,35	696	0,95	2770,6	3148	0,88
20	18-20	223	0	0,95	0	0,7	5151	0,35	1338	0,95	3073,95	6489	0,47
20	19-20	194	6200	0,95	2209	0,7	0	0,35	1860	0,95	9203,3	10269	0,90
22	20-22	30	6200	0,95	2209	0,7	5151	0,35	3198	0,95	12277,25	16758	0,73
22	21-22	222	8866	0,95	4809	0,7	0	0,35	1332	0,95	13054,4	15007	0,87
23	21-23	98	0	0,95	0	0,7	0	0,35	588	0,95	558,6	588	0,95
24	22-24	159	15066	0,95	7018	0,7	5151	0,35	5484	0,95	26237,95	32719	0,80
24	23-24	329	11868	0,95	4246	0,7	1629	0,35	2562	0,95	17250,85	20305	0,85
26	24-26	16	26934	0,95	11264	0,7	6780	0,35	8046	0,95	43488,8	53024	0,82
26	25-26	330	12963	0,95	5289	0,7	0	0,35	1980	0,95	17898,15	20232	0,88
27	25-27	100	0	0,95	0	0,7	0	0,35	600	0,95	570	600	0,95
28	26-28	99	39897	0,95	16553	0,7	6780	0,35	10620	0,95	61951,25	73850	0,84
28	27-28	334	13008	0,95	4721	0,7	0	0,35	2604	0,95	18136,1	20333	0,89
30	28-30	17	52905	0,95	21274	0,7	6780	0,35	13224	0,95	80087,35	94183	0,85
30	29-30	328	13077	0,95	4370,5	0,7	0	0,35	1968	0,95	17352,1	19415,5	0,89
31	29-31	94	0	0,95	0	0,7	0	0,35	564	0,95	535,8	564	0,95
32	30-32	98	65982	0,95	25644,5	0,7	6780	0,35	15780	0,95	97998,05	114186,5	0,86
32	31-32	332	12948	0,95	4499,5	0,7	0	0,35	2556	0,95	17878,45	20003,5	0,89
34	32-34	17	78930	0,95	30144	0,7	6780	0,35	18336	0,95	115876,5	134190	0,86
34	33-34	333	13003	0,95	3385	0,7	0	0,35	1998	0,95	16620,45	18386	0,90

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK B													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
35	33-35	95	0	0,95	0	0,7	0	0,35	570	0,95	541,5	570	0,95
37	36-37	233	0	0,95	0	0,7	0	0,35	1398	0,95	1328,1	1398	0,95
39	38-39	185	0	0,95	0	0,7	0	0,35	1110	0,95	1054,5	1110	0,95
40	34-40	74	91933	0,95	33529	0,7	6780	0,35	20778	0,95	132918,8	153020	0,87
40	39-40	19	0	0,95	0	0,7	0	0,35	1110	0,95	1054,5	1110	0,95
41	35-41	236	9185	0,95	4246	0,7	0	0,35	1986	0,95	13584,65	15417	0,88
41	37-41	253	5325	0,95	1412	0,7	2931	0,35	2916	0,95	9843,2	12584	0,78
41	40-41	103	91933	0,95	33529	0,7	14233	0,35	21888	0,95	136581,8	161583	0,85
42	41-42	20	106443	0,95	39187	0,7	17164	0,35	26790	0,95	160009,7	189584	0,84
43	17-43	374	0	0,95	0	0,7	3921	0,35	2244	0,95	3504,15	6165	0,57
44	16-44	478	11748	0,95	3393	0,7	3138	0,35	6214	0,95	20537,3	24493	0,84
44	43-44	41	0	0,95	0	0,7	3921	0,35	2490	0,95	3737,85	6411	0,58
45	44-45	18	11748	0,95	3393	0,7	7059	0,35	8704	0,95	24275,15	30904	0,79
45	36a-45	42	0	0,95	0	0,7	0	0,35	252	0,95	239,4	252	0,95
46	45-46	354	19963	0,95	6408	0,7	17721	0,35	13558	0,95	42532,9	57650	0,74
47	17-47	422	12790	0,95	4921	0,7	0	0,35	2532	0,95	18000,6	20243	0,89
48	47-48	157	12790	0,95	4921	0,7	1335	0,35	3474	0,95	19362,75	22520	0,86
49	16-49	716	0	0,95	0	0,7	13816	0,35	9308	0,95	13678,2	23124	0,59
49	48-49	39	12790	0,95	4921	0,7	1335	0,35	3708	0,95	19585,05	22754	0,86
50	49-50	18	12790	0,95	4921	0,7	15151	0,35	13016	0,95	33263,25	45878	0,73
50	38a-50	40	0	0,95	0	0,7	0	0,35	240	0,95	228	240	0,95

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK B													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
51	50-51	200	17827	0,95	8419	0,7	15934	0,35	15856	0,95	43469,05	58036	0,75
BLOK C													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
3	1-3	193	0	0,95	0	0,7	10442	0,35	1158	0,95	4754,8	11600	0,41
3	2-3	196	0	0,95	0	0,7	14834	0,35	1176	0,95	6309,1	16010	0,39
5	4-5	164	2855	0,95	3454	0,7	0	0,35	984	0,95	6064,85	7293	0,83
7	5-7	85	2855	0,95	3454	0,7	0	0,35	1494	0,95	6549,35	7803	0,84
7	6-7	115	2863	0,95	3446	0,7	0	0,35	690	0,95	5787,55	6999	0,83
9	3-9	16	0	0,95	0	0,7	25276	0,35	2334	0,95	11063,9	27610	0,40
9	8-9	179	4536	0,95	3996	0,7	0	0,35	1074	0,95	8126,7	9606	0,85
10	8-10	84	0	0,95	0	0,7	0	0,35	504	0,95	478,8	504	0,95
11	9-11	84	4536	0,95	3996	0,7	25276	0,35	3912	0,95	19669,4	37720	0,52
11	10-11	177	4536	0,95	3996	0,7	0	0,35	1566	0,95	8594,1	10098	0,85
13	11-13	16	9072	0,95	7992	0,7	25276	0,35	5478	0,95	28263,5	47818	0,59
13	12-13	177	4536	0,95	2717	0,7	0	0,35	1062	0,95	7220	8315	0,87
14	12-14	70	0	0,95	0	0,7	0	0,35	420	0,95	399	420	0,95
15	13-15	71	13608	0,95	10709	0,7	25276	0,35	6966	0,95	35888,2	56559	0,63
15	14-15	178	4536	0,95	2717	0,7	0	0,35	1488	0,95	7624,7	8741	0,87
17	7-17	16	5718	0,95	6900	0,7	0	0,35	2184	0,95	12336,9	14802	0,83

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK C													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
17	16-17	112	2854	0,95	2339	0,7	0	0,35	672	0,95	4987	5865	0,85
18	15-18	16	18144	0,95	13426	0,7	25276	0,35	8454	0,95	43512,9	65300	0,67
18	17-18	71	8572	0,95	9239	0,7	0	0,35	3282	0,95	17728,6	21093	0,84
20	18-20	152	30657	0,95	25767	0,7	25276	0,35	12648	0,95	68023,25	94348	0,72
20	19-20	48	0	0,95	0	0,7	0	0,35	288	0,95	273,6	288	0,95
22	21-22	176	4536	0,95	3036	0,7	0	0,35	1056	0,95	7437,6	8628	0,86
23	21-23	73	0	0,95	0	0,7	0	0,35	438	0,95	416,1	438	0,95
24	22-24	73	4536	0,95	3036	0,7	0	0,35	1494	0,95	7853,7	9066	0,87
24	23-24	175	4536	0,95	3036	0,7	0	0,35	1488	0,95	7848	9060	0,87
26	20-26	20	30657	0,95	25767	0,7	25276	0,35	12936	0,95	68296,85	94636	0,72
26	25-26	141	3222	0,95	2546	0,7	0	0,35	846	0,95	5646,8	6614	0,85
27	24-27	16	9072	0,95	6072	0,7	0	0,35	2982	0,95	15701,7	18126	0,87
27	25-27	73	0	0,95	0	0,7	0	0,35	438	0,95	416,1	438	0,95
28	26-28	84	33879	0,95	28313	0,7	25276	0,35	14286	0,95	74422,45	101754	0,73
28	27-28	103	11918	0,95	7924	0,7	0	0,35	4038	0,95	20705	23880	0,87
30	28-30	21	45797	0,95	36237	0,7	25276	0,35	18324	0,95	95127,45	125634	0,76
30	29-30	288	7537	0,95	3760	0,7	0	0,35	1728	0,95	11433,75	13025	0,88
31	29-31	68	0	0,95	0	0,7	0	0,35	408	0,95	387,6	408	0,95
32	30-32	80	53334	0,95	39997	0,7	25276	0,35	20532	0,95	107017,2	139139	0,77
32	31-32	252	7187	0,95	2870	0,7	0	0,35	1920	0,95	10660,65	11977	0,89
33	2-33	392	10793	0,95	3714	0,7	0	0,35	2352	0,95	15087,55	16859	0,89

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK C													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
34	32-34	21	60521	0,95	42867	0,7	25276	0,35	22452	0,95	117677,9	151116	0,78
34	33-34	261	16905	0,95	6145	0,7	0	0,35	3918	0,95	24083,35	26968	0,89
36	34-36	77	77426	0,95	49012	0,7	25276	0,35	26832	0,95	142200,1	178546	0,80
36	35-36	139	3958	0,95	769	0,7	0	0,35	834	0,95	5090,7	5561	0,92
38	36-38	20	81384	0,95	49781	0,7	25276	0,35	27666	0,95	147290,8	184107	0,80
38	37-38	129	0	0,95	0	0,7	4741	0,35	774	0,95	2394,65	5515	0,43
39	38-39	70	81384	0,95	49781	0,7	30017	0,35	28860	0,95	150084,5	190042	0,79
41	40-41	445	0	0,95	0	0,7	103152	0,35	2670	0,95	38639,7	105822	0,37
BLOK D													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
2	1-2	262	2843	0,95	2418	0,7	19493	0,35	1572	0,95	12709,4	26326	0,48
3	1-3	132	2885	0,95	598	0,7	3045	0,35	792	0,95	4977,5	7320	0,68
4	3-4	375	13814	0,95	6132	0,7	3045	0,35	3042	0,95	21371,35	26033	0,82
6	5-6	103	2873	0,95	1865	0,7	0	0,35	618	0,95	4621,95	5356	0,86
7	5-7	69	0	0,95	0	0,7	0	0,35	414	0,95	393,3	414	0,95
8	6-8	79	2873	0,95	1865	0,7	0	0,35	1092	0,95	5072,25	5830	0,87
8	7-8	140	3416	0,95	2232	0,7	0	0,35	1254	0,95	5998,9	6902	0,87
10	8-10	16	6289	0,95	4097	0,7	0	0,35	2346	0,95	11071,15	12732	0,87
10	9-10	144	4071	0,95	2239	0,7	0	0,35	864	0,95	6255,55	7174	0,87

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK D													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
11	9-11	75	0	0,95	0	0,7	0	0,35	450	0,95	427,5	450	0,95
12	10-12	73	10360	0,95	6336	0,7	0	0,35	3648	0,95	17742,8	20344	0,87
12	11-12	147	4071	0,95	2142	0,7	0	0,35	1332	0,95	6632,25	7545	0,88
14	12-14	16	14431	0,95	8478	0,7	0	0,35	4980	0,95	24375,05	27889	0,87
14	13-14	147	3718	0,95	2014	0,7	0	0,35	882	0,95	5779,8	6614	0,87
15	13-15	64	0	0,95	0	0,7	1516	0,35	384	0,95	895,4	1900	0,47
16	14-16	68	18149	0,95	10492	0,7	0	0,35	6270	0,95	30542,45	34911	0,87
16	15-16	141	2931	0,95	1904	0,7	1516	0,35	1230	0,95	5816,35	7581	0,77
18	16-18	16	21080	0,95	12396	0,7	1516	0,35	7500	0,95	36358,8	42492	0,86
18	17-18	105	1731	0,95	881	0,7	1263	0,35	630	0,95	3301,7	4505	0,73
19	18-19	74	22811	0,95	13277	0,7	4609	0,35	8574	0,95	40722,8	49271	0,83
22	20-22	246	0	0,95	0	0,7	6605	0,35	3198	0,95	5349,85	9803	0,55
22	21-22	64	3248	0,95	4853	0,7	8082	0,35	384	0,95	9676,2	16567	0,58
24	22-24	16	3248	0,95	4853	0,7	14687	0,35	3582	0,95	15026,05	26370	0,57
24	23-24	74	4206	0,95	0	0,7	2785	0,35	444	0,95	5392,25	7435	0,73
26	24-26	113	7454	0,95	4853	0,7	18482	0,35	5495	0,95	22167,35	36284	0,61
26	25-26	84	0	0,95	6461	0,7	2785	0,35	504	0,95	5976,25	9750	0,61
28	26-28	16	7454	0,95	11314	0,7	21267	0,35	5999	0,95	28143,6	46034	0,61
28	27-28	92	2307	0,95	2972	0,7	0	0,35	552	0,95	4796,45	5831	0,82
29	4-29	74	13814	0,95	6132	0,7	3045	0,35	3486	0,95	21793,15	26477	0,82
29	28-29	508	21621	0,95	20430	0,7	21267	0,35	13155	0,95	54781,65	76473	0,72

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK D													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
31	29-31	16	35435	0,95	26562	0,7	24312	0,35	16641	0,95	76574,8	102950	0,74
31	30-31	64	0	0,95	0	0,7	0	0,35	384	0,95	364,8	384	0,95
32	31-32	68	35435	0,95	26562	0,7	27314	0,35	17909	0,95	78830,1	107220	0,74
BLOK E													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
3	2-3	208	6377	0,95	2208	0,7	1133	0,35	1248	0,95	9185,9	10966	0,84
4	3-4	180	11575	0,95	4437	0,7	1133	0,35	2328	0,95	16710,3	19473	0,86
5	2-5	293	7389	0,95	2851	0,7	2750	0,35	1758	0,95	11647,85	14748	0,79
7	6-7	273	7115	0,95	3447	0,7	573	0,35	1638	0,95	10928,8	12773	0,86
8	6-8	82	0	0,95	0	0,7	0	0,35	492	0,95	467,4	492	0,95
9	7-9	72	7115	0,95	3447	0,7	573	0,35	2070	0,95	11339,2	13205	0,86
9	8-9	226	6309	0,95	3555	0,7	0	0,35	1848	0,95	10237,65	11712	0,87
10	5-10	92	9683	0,95	5265	0,7	2750	0,35	2310	0,95	16041,35	20008	0,80
10	9-10	16	13424	0,95	7002	0,7	573	0,35	3918	0,95	21576,85	24917	0,87
12	11-12	80	0	0,95	0	0,7	0	0,35	480	0,95	456	480	0,95
13	12-13	151	4071	0,95	3161	0,7	0	0,35	1386	0,95	7396,85	8618	0,86
14	11-14	197	4902	0,95	2166	0,7	542	0,35	1182	0,95	7485,7	8792	0,85
14	13-14	70	4071	0,95	3161	0,7	0	0,35	1806	0,95	7795,85	9038	0,86
15	4-15	90	13869	0,95	6498	0,7	1133	0,35	2868	0,95	20845,3	24368	0,86

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK E													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
15	14-15	16	8973	0,95	5327	0,7	542	0,35	2988	0,95	15281,55	17830	0,86
16	1-16	751	3217	0,95	2382	0,7	19533	0,35	9763	0,95	20834,95	34895	0,60
16	15-16	71	22842	0,95	11825	0,7	1675	0,35	6282	0,95	36531,55	42624	0,86
17	10-17	71	23107	0,95	12267	0,7	3323	0,35	6654	0,95	38022,9	45351	0,84
17	16-17	16	26059	0,95	14207	0,7	21208	0,35	16045	0,95	57366,5	77519	0,74
19	17-19	160	52912	0,95	28659	0,7	24531	0,35	24779	0,95	102453,6	130881	0,78
19	18-19	267	6657	0,95	2550	0,7	1911	0,35	1602	0,95	10299,9	12720	0,81
21	19-21	16	59569	0,95	31209	0,7	26442	0,35	26381	0,95	112753,5	143601	0,79
21	20-21	268	5583	0,95	1643	0,7	6911	0,35	1608	0,95	10400,4	15745	0,66
22	21-22	84	66590	0,95	33671	0,7	35113	0,35	29081	0,95	126746,7	164455	0,77
BLOK F													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
3	1-3	36	0	0,95	0	0,7	0	0,35	216	0,95	205,2	216	0,95
3	2-3	189	0	0,95	0	0,7	14731	0,35	1134	0,95	6233,15	15865	0,39
5	3-5	16	0	0,95	0	0,7	14731	0,35	1350	0,95	6438,35	16081	0,40
5	4-5	192	0	0,95	4500	0,7	0	0,35	1152	0,95	4244,4	5652	0,75
7	5-7	69	0	0,95	0	0,7	15615	0,35	2916	0,95	8235,45	18531	0,44
7	6-7	202	5020	0,95	4500	0,7	0	0,35	1212	0,95	9070,4	10732	0,85
9	7-9	10	5020	0,95	4500	0,7	15615	0,35	4128	0,95	17305,85	29263	0,59

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK F													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
9	8-9	203	5027	0,95	4206	0,7	0	0,35	1218	0,95	8876,95	10451	0,85
11	9-11	61	10047	0,95	8706	0,7	16587	0,35	5712	0,95	26870,7	41052	0,65
11	10-11	213	0	0,95	4204	0,7	0	0,35	1278	0,95	4156,9	5482	0,76
13	11-13	10	10047	0,95	12910	0,7	16587	0,35	6990	0,95	31027,6	46534	0,67
13	12-13	215	0	0,95	5015	0,7	0	0,35	1290	0,95	4736	6305	0,75
15	13-15	71	10047	0,95	17925	0,7	17485	0,35	8706	0,95	36482,6	54163	0,67
15	14-15	230	5653	0,95	5015	0,7	0	0,35	1380	0,95	10191,85	12048	0,85
17	15-17	16	15700	0,95	22940	0,7	17485	0,35	10086	0,95	46674,45	66211	0,70
17	16-17	236	5717	0,95	8284	0,7	0	0,35	1416	0,95	12575,15	15417	0,82
20	18-20	147	5312	0,95	4032	0,7	0	0,35	882	0,95	8706,7	10226	0,85
20	19-20	108	0	0,95	4031	0,7	0	0,35	648	0,95	3437,3	4679	0,73
21	17-21	75	21417	0,95	31224	0,7	19086	0,35	11952	0,95	60237,45	83679	0,72
21	20-21	14	5312	0,95	8063	0,7	0	0,35	1530	0,95	12144	14905	0,81
23	22-23	308	0	0,95	0	0,7	5214	0,35	1848	0,95	3580,5	7062	0,51
26	24-26	153	3245	0,95	3965	0,7	0	0,35	918	0,95	6730,35	8128	0,83
26	25-26	101	0	0,95	3965	0,7	0	0,35	606	0,95	3351,2	4571	0,73
28	26-28	16	3245	0,95	7930	0,7	0	0,35	1524	0,95	10081,55	12699	0,79
28	27-28	102	0	0,95	3266	0,7	0	0,35	612	0,95	2867,6	3878	0,74
29	23-29	112	0	0,95	0	0,7	5214	0,35	3304	0,95	4963,7	8518	0,58
29	28-29	82	6295	0,95	14463	0,7	0	0,35	2628	0,95	18600,95	23386	0,80
31	29-31	16	6295	0,95	14463	0,7	5214	0,35	5932	0,95	23564,65	31904	0,74

Tabel 1. Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK F													
Titik	Saluran	L (m)	Atap		Halaman		Taman		Jalan		C.A	A (m2)	Cgab
Kontrol			A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C	A (m2)	C			
31	30-31	80	3544	0,95	2403	0,7	0	0,35	480	0,95	5504,9	6427	0,86
32	22-32	470	0	0,95	0	0,7	10428	0,35	2820	0,95	6328,8	13248	0,48
32	31-32	180	9839	0,95	19269	0,7	5214	0,35	8752	0,95	32974,65	43074	0,77
33	21-33	383	33101	0,95	41374	0,7	21074	0,35	15780	0,95	82774,65	111329	0,74
33	32-33	25	9839	0,95	19269	0,7	15642	0,35	11572	0,95	39303,45	56322	0,70
34	33-34	102	44685	0,95	61474	0,7	37399	0,35	28678	0,95	125816,3	172236	0,73
37	35-37	253	4290	0,95	11329	0,7	0	0,35	3289	0,95	15130,35	18908	0,80
37	36-37	136	4948	0,95	11328	0,7	4451	0,35	816	0,95	14963,25	21543	0,69
39	37-39	10	9238	0,95	22657	0,7	4451	0,35	4105	0,95	30093,6	40451	0,74
39	38-39	135	8733	0,95	12558	0,7	1355	0,35	810	0,95	18330,7	23456	0,78
40	39-40	208	17971	0,95	35215	0,7	5806	0,35	7619	0,95	50993,1	66611	0,77

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (hasil perhitungan)

BLOK A														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to		tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	
2	1-2	161	0,43	0	0,0	0	0,0	32	8,8	6	1,3	8,8	6,2	15,0
4	3-4	98	0,29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	5,6	6,9
5	3-5	144	0,47	43	3,9	12	3,9	45	10,3	6	1,3	10,3	5,1	15,5
5	4-5	89	0,32	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	6,9	4,7	11,6
7	5-7	22	0,48	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,5	0,8	16,2

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK A														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
7	6-7	198	0,59	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	5,6	12,8
8	6-8	80	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,7	6,0
9	7-9	135	0,62	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	16,2	3,6	19,9
9	8-9	308	0,56	41	3,8	9	3,4	50	10,9	6	1,3	10,9	9,2	20,0
11	9-11	22	0,70	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20,0	0,5	20,6
11	10-11	327	0,62	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	8,8	16,1
12	10-12	99	0,29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	5,7	7,0
13	11-13	135	0,75	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	20,6	3,0	23,5
13	12-13	421	0,61	41	3,8	9	3,4	50	10,9	6	1,3	10,9	11,5	22,4
15	14-15	229	0,57	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	6,7	14,0
16	14-16	95	0,29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	5,4	6,7
17	15-17	96	0,56	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	14,0	2,9	16,9
17	16-17	230	0,57	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	6,7	14,0
19	13-19	22	0,82	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	23,5	0,4	24,0
19	18-19	191	0,56	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	5,7	12,9
20	17-20	16	0,66	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16,9	0,4	17,3
20	18-20	96	0,29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	5,4	6,8
21	19-21	120	0,84	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	24,0	2,4	26,4
21	20-21	284	0,70	41	3,8	9	3,4	50	10,9	6	1,3	17,3	6,8	24,0
22	1-22	367	0,52	0	0,0	0	0,0	60	11,8	6	1,3	11,8	11,8	23,6
23	22-23	227	0,60	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	23,6	6,3	30,0

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK A														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
25	23-25	54	0,60	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13	1,9	30,0	1,5	31,5
25	24-25	280	0,56	29	3,3	11	3,8	0	0,0	13	1,9	7,0	8,3	15,3
27	26-27	254	0,56	41	3,8	9	3,4	50	10,9	6	1,3	10,9	7,5	18,4
28	25-28	30	0,65	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	31,5	0,8	32,2
28	26-28	55	0,33	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13	1,9	1,9	2,8	4,7
29	27-29	80	0,56	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	18,4	2,4	20,7
29	28-29	243	0,69	29	3,3	11	3,8	0	0,0	13	1,9	32,2	5,9	38,1
30	21-30	27	0,91	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	26,4	0,5	26,9
31	29-31	17	0,73	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	38,1	0,4	38,5
31	30a-31	97	0,29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	5,5	6,8
33	2-33	1644	0,80	46	4,1	12	3,9	92	14,4	6	1,3	15,0	34,4	49,5
33	32-33	133	0,44	0	0,0	0	0,0	98	14,9	6	1,3	14,9	5,1	19,9
34	30-34	1021	0,90	41	3,8	9	3,4	50	10,9	6	1,3	26,9	18,9	45,8
34	33-34	16	0,80	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	49,5	0,3	49,8
35	31-35	968	0,77	29	3,3	11	3,8	40	9,8	13	1,9	38,5	21,0	59,5
35	34-35	84	1,01	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	49,8	1,4	51,2
37	36-37	115	0,49	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	3,9	11,2
38	35-38	16	1,06	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	59,5	0,3	59,7
38	37-38	83	0,48	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	11,2	2,9	14,0
39	38-39	344	1,06	29	3,3	11	3,8	0	0,0	13	1,9	59,7	5,4	65,1

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK B														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
2	1-2	570	0,62	29	3,3	11	3,8	70	12,7	13	1,9	12,7	15,2	27,9
3	2-3	447	0,67	29	3,3	11	3,8	42	10,0	13	1,9	27,9	11,2	39,1
5	4-5	82	0,44	29	3,3	11	3,8	40	9,8	6	1,3	9,8	3,1	12,9
6	5-6	83	0,43	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	12,9	3,2	16,1
7	6-7	121	0,51	29	3,3	11	3,8	40	9,8	6	1,3	16,1	4,0	20,1
8	7-8	241	0,59	29	3,3	11	3,8	104	15,3	6	1,3	20,1	6,9	27,0
9	3-9	393	0,68	0	0,0	0	0,0	85	13,9	13	1,9	39,1	9,7	48,8
9	8-9	71	0,58	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	27,0	2,0	29,0
11	10-11	87	0,46	28	3,2	7	3,0	59	11,7	6	1,3	11,7	3,2	14,9
12	11-12	126	0,51	0	0,0	0	0,0	45	10,3	6	1,3	14,9	4,2	19,1
13	12-13	364	0,60	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	19,1	10,2	29,2
14	9-14	26	0,74	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	48,8	0,6	49,4
14	13-14	53	0,59	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	29,2	1,5	30,7
15	14-15	584	0,80	29	3,3	11	3,8	70	12,7	13	1,9	49,4	12,1	61,5
19	18-19	116	0,39	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	4,9	12,2
20	18-20	223	0,37	0	0,0	0	0,0	42	10,0	6	1,3	10,0	10,1	20,1
20	19-20	194	0,51	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	12,2	6,3	18,5
22	20-22	30	0,54	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20,1	0,9	21,1
22	21-22	222	0,59	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	6,3	13,6
23	21-23	98	0,26	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	6,3	7,7
24	22-24	159	0,63	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	21,1	4,2	25,3

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK B														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
24	23-24	329	0,61	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	7,7	9,0	16,7
26	24-26	16	0,71	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	25,3	0,4	25,7
26	25-26	330	0,61	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	9,0	16,2
27	25-27	100	0,26	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	6,4	7,8
28	26-28	99	0,76	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	25,7	2,2	27,8
28	27-28	334	0,61	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,8	9,1	16,9
30	28-30	17	0,81	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	27,8	0,3	28,2
30	29-30	328	0,61	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	9,0	16,2
31	29-31	94	0,26	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	6,1	7,4
32	30-32	98	0,84	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	28,2	1,9	30,1
32	31-32	332	0,61	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,4	9,0	16,5
34	32-34	17	0,87	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	30,1	0,3	30,4
34	33-34	333	0,60	41	3,8	9	3,4	0	0,0	6	1,3	7,3	9,2	16,5
35	33-35	95	0,26	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	6,2	7,5
37	36-37	233	0,30	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	12,9	14,3
39	38-39	185	0,29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	10,7	12,0
40	34-40	74	0,89	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	30,4	1,4	31,8
40	39-40	19	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12,0	1,1	13,1
41	35-41	236	0,59	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	7,5	6,7	14,2
41	37-41	253	0,50	41	3,8	9	3,4	47	10,5	6	1,3	14,3	8,4	22,7
41	40-41	103	0,89	0	0,0	0	0,0	53	11,2	0	0,0	31,8	1,9	33,8

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK B														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
42	41-42	20	0,94	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	33,8	0,4	34,1
43	17-43	374	0,38	0	0,0	0	0,0	9	4,9	6	1,3	4,9	16,5	21,4
44	16-44	478	0,59	29	3,3	11	3,8	54	11,3	13	1,9	11,3	13,4	24,7
44	43-44	41	0,38	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	21,4	1,8	23,2
45	44-45	18	0,62	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	24,7	0,5	25,2
45	36a-45	42	0,22	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	3,2	4,5
46	45-46	354	0,67	29	3,3	11	3,8	35	9,2	13	1,9	25,2	8,8	34,0
47	17-47	422	0,60	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	11,7	18,7
48	47-48	157	0,59	0	0,0	0	0,0	8	4,6	6	1,3	18,7	4,4	23,2
49	16-49	716	0,52	29	3,3	11	3,8	28	8,3	13	1,9	8,3	23,2	31,4
49	48-49	39	0,59	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	23,2	1,1	24,3
50	49-50	18	0,64	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	31,4	0,5	31,9
50	38a-50	40	0,22	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	3,1	4,4
51	50-51	200	0,66	29	3,3	11	3,8	37	9,4	13	1,9	31,9	5,0	36,9
BLOK C														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
3	1-3	193	0,42	0	0,0	0	0,0	73	13,0	6	1,3	13,0	7,7	20,7
3	2-3	196	0,45	0	0,0	0	0,0	76	13,2	6	1,3	13,2	7,2	20,4
5	4-5	164	0,49	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,6	12,6

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK C														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
7	5-7	85	0,48	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	12,6	2,9	15,6
7	6-7	115	0,50	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	3,9	10,9
9	3-9	16	0,52	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20,7	0,5	21,2
9	8-9	179	0,53	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,7	12,7
10	8-10	84	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,9	6,3
11	9-11	84	0,59	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	21,2	2,4	23,5
11	10-11	177	0,53	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,5	12,6
13	11-13	16	0,64	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	23,5	0,4	23,9
13	12-13	177	0,51	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,8	12,8
14	12-14	70	0,27	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,2	5,6
15	13-15	71	0,67	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	23,9	1,8	25,7
15	14-15	178	0,52	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,7	12,8
17	7-17	16	0,56	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,6	0,5	16,0
17	16-17	112	0,48	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	3,9	10,9
18	15-18	16	0,71	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	25,7	0,4	26,1
18	17-18	71	0,60	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	16,0	2,0	18,0
20	18-20	152	0,77	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	26,1	3,3	29,4
20	19-20	48	0,26	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	3,1	4,5
22	21-22	176	0,51	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,7	12,7
23	21-23	73	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,4	5,7
24	22-24	73	0,51	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	12,7	2,4	15,1

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK C														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
24	23-24	175	0,52	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,6	12,6
26	20-26	20	0,77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	29,4	0,4	29,8
26	25-26	141	0,48	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	4,8	11,9
27	24-27	16	0,60	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,1	0,4	15,6
27	25-27	73	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,4	5,7
28	26-28	84	0,77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	29,8	1,8	31,6
28	27-28	103	0,62	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	15,6	2,8	18,3
30	28-30	21	0,83	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	31,6	0,4	32,1
30	29-30	288	0,55	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	8,7	15,7
31	29-31	68	0,27	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,1	5,5
32	30-32	80	0,85	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	32,1	1,6	33,6
32	31-32	252	0,55	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	7,7	14,7
33	2-33	392	0,57	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	11,4	18,5
34	32-34	21	0,86	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	33,6	0,4	34,0
34	33-34	261	0,61	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	18,5	7,1	25,5
36	34-36	77	0,89	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	34,0	1,4	35,5
36	35-36	139	0,47	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	4,9	11,9
38	36-38	20	0,90	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	35,5	0,4	35,8
38	37-38	129	0,37	0	0,0	0	0,0	63	12,1	6	1,3	12,1	5,9	18,0
39	38-39	70	0,90	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	35,8	1,3	37,1
41	40-41	445	0,65	0	0,0	0	0,0	264	23,6	6	1,3	23,6	11,4	35,0

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK D														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
2	1-2	262	0,54	29	3,3	11	3,8	80	13,5	6	1,3	13,5	8,1	21,6
3	1-3	132	0,45	29	3,3	11	3,8	35	9,2	6	1,3	9,2	4,8	14,0
4	3-4	375	0,60	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	14,0	10,4	24,4
6	5-6	103	0,47	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	3,7	10,7
7	5-7	69	0,27	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,2	5,5
8	6-8	79	0,46	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	10,7	2,9	13,6
8	7-8	140	0,49	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	4,7	11,8
10	8-10	16	0,56	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13,6	0,5	14,0
10	9-10	144	0,50	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	4,8	11,8
11	9-11	75	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,5	5,8
12	10-12	73	0,61	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	14,0	2,0	16,0
12	11-12	147	0,51	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	4,8	11,9
14	12-14	16	0,66	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16,0	0,4	16,4
14	13-14	147	0,49	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	5,0	12,1
15	13-15	64	0,29	0	0,0	0	0,0	44	10,2	6	1,3	10,2	3,7	13,9
16	14-16	68	0,69	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	16,4	1,6	18,1
16	15-16	141	0,45	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	13,9	5,2	19,1
18	16-18	16	0,71	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	19,1	0,4	19,5
18	17-18	105	0,40	29	3,3	11	3,8	39	9,7	6	1,3	9,7	4,3	14,0
19	18-19	74	0,72	0	0,0	0	0,0	71	12,8	6	1,3	19,5	1,7	21,2
22	20-22	246	0,42	0	0,0	0	0,0	102	15,1	13	1,9	15,1	9,8	25,0

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK D														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
22	21-22	64	0,55	76	5,1	7	3,0	51	11,0	6	1,3	11,0	2,0	12,9
24	22-24	16	0,54	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	25,0	0,5	25,5
24	23-24	74	0,47	93	5,6	5	2,6	52	11,1	6	1,3	11,1	2,6	13,7
26	24-26	113	0,59	0	0,0	0	0,0	7	4,3	13	1,9	25,5	3,2	28,7
26	25-26	84	0,48	0	0,0	116	11,3	53	11,2	6	1,3	11,3	2,9	14,2
28	26-28	16	0,62	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	28,7	0,4	29,1
28	27-28	92	0,48	42	3,9	6	2,8	0	0,0	6	1,3	6,7	3,2	9,9
29	4-29	74	0,60	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	24,4	2,1	26,5
29	28-29	508	0,70	29	3,3	11	3,8	0	0,0	13	1,9	29,1	12,2	41,3
31	29-31	16	0,75	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	41,3	0,4	41,6
31	30-31	64	0,27	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	3,9	5,3
32	31-32	68	0,75	0	0,0	0	0,0	66	12,4	13	1,9	41,6	1,5	43,1
BLOK E														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
3	2-3	208	0,54	29	3,3	11	3,8	20	7,1	6	1,3	7,1	6,5	13,5
4	3-4	180	0,59	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	13,5	5,1	18,6
5	2-5	293	0,55	29	3,3	11	3,8	26	8,0	6	1,3	8,0	8,9	16,9
7	6-7	273	0,54	29	3,3	11	3,8	34	9,1	6	1,3	9,1	8,5	17,6
8	6-8	82	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,8	6,2

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK E														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
9	7-9	72	0,53	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	17,6	2,3	19,8
9	8-9	226	0,55	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	6,9	13,9
10	5-10	92	0,57	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	16,9	2,7	19,6
10	9-10	16	0,62	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	19,8	0,4	20,3
12	11-12	80	0,28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	4,7	6,1
13	12-13	151	0,52	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	7,0	4,8	11,9
14	11-14	197	0,50	29	3,3	11	3,8	31	8,7	6	1,3	8,7	6,6	15,2
14	13-14	70	0,51	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	11,9	2,3	14,2
15	4-15	90	0,61	29	3,3	11	3,8	0	0,0	6	1,3	18,6	2,5	21,1
15	14-15	16	0,59	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,2	0,4	15,7
16	1-16	751	0,55	29	3,3	11	3,8	95	14,6	13	1,9	14,6	22,6	37,3
16	15-16	71	0,69	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	21,1	1,7	22,8
17	10-17	71	0,70	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	20,3	1,7	21,9
17	16-17	16	0,71	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	37,3	0,4	37,6
19	17-19	160	0,81	29	3,3	11	3,8	0	0,0	13	1,9	37,6	3,3	40,9
19	18-19	267	0,53	29	3,3	11	3,8	30	8,6	6	1,3	8,6	8,4	16,9
21	19-21	16	0,83	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	40,9	0,3	41,2
21	20-21	268	0,53	29	3,3	11	3,8	35	9,2	6	1,3	9,2	8,4	17,6
22	21-22	84	0,85	29	3,3	11	3,8	36	9,3	13	1,9	41,2	1,6	42,9

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK F														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
3	1-3	36	0,21	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	2,9	4,2
3	2-3	189	0,46	0	0,0	0	0,0	64	12,2	6	1,3	12,2	6,9	19,1
5	3-5	16	0,46	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	19,1	0,6	19,6
5	4-5	192	0,44	0	0,0	37	6,6	0	0,0	6	1,3	6,6	7,3	14,0
7	5-7	69	0,48	0	0,0	0	0,0	11	5,4	6	1,3	19,6	2,4	22,0
7	6-7	202	0,53	40	3,8	15	4,3	0	0,0	6	1,3	8,1	6,4	14,5
9	7-9	10	0,57	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22,0	0,3	22,3
9	8-9	203	0,53	40	3,8	15	4,3	0	0,0	6	1,3	8,1	6,4	14,6
11	9-11	61	0,64	0	0,0	0	0,0	10	5,1	6	1,3	22,3	1,6	23,9
11	10-11	213	0,43	0	0,0	0	0,0	18	6,7	6	1,3	6,7	8,3	15,0
13	11-13	10	0,66	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	23,9	0,3	24,2
13	12-13	215	0,47	0	0,0	9	3,4	0	0,0	6	1,3	3,4	7,6	11,1
15	13-15	71	0,67	0	0,0	0	0,0	9	4,9	6	1,3	24,2	1,8	25,9
15	14-15	230	0,54	53	4,3	14	4,2	0	0,0	6	1,3	8,5	7,1	15,7
17	15-17	16	0,72	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	25,9	0,4	26,3
17	16-17	236	0,57	41	3,8	7	3,0	0	0,0	6	1,3	6,9	6,9	13,7
20	18-20	147	0,54	78	5,2	5	2,6	0	0,0	6	1,3	7,8	4,6	12,4
20	19-20	108	0,46	0	0,0	10	3,6	0	0,0	6	1,3	3,6	3,9	7,5
21	17-21	75	0,75	0	0,0	0	0,0	7	4,3	6	1,3	26,3	1,7	28,0
21	20-21	14	0,58	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12,4	0,4	12,8
23	22-23	308	0,39	0	0,0	0	0,0	10	5,1	6	1,3	5,1	13,1	18,2

Tabel 2. Waktu Konsentrasi (tc) Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK F														
Titik	Saluran	L (m)	v (m/s)	atap		hlm		taman		jalan		to	tf	tc
Kontrol				L1	to1	L2	to2	L3	to3	L4	to4	(menit)	(menit)	(menit)
26	24-26	153	0,48	55	4,4	31	6,1	0	0,0	6	1,3	10,5	5,3	15,8
26	25-26	101	0,50	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	1,3	3,4	4,7
28	26-28	16	0,53	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,8	0,5	16,3
28	27-28	102	0,39	45	4,0	22	5,2	0	0,0	6	1,3	9,2	4,4	13,6
29	23-29	112	0,42	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13	1,9	18,2	4,5	22,7
29	28-29	82	0,61	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	1,3	16,3	2,3	18,5
31	29-31	16	0,62	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22,7	0,4	23,1
31	30-31	80	0,48	68	4,9	12	3,9	0	0,0	6	1,3	8,8	2,8	11,5
32	22-32	470	0,44	0	0,0	0	0,0	19	6,9	6	1,3	6,9	17,9	24,8
32	31-32	180	0,65	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13	1,9	23,1	4,6	27,7
33	21-33	383	0,79	29	3,3	11	3,8	39	9,7	6	1,3	28,0	8,1	36,1
33	32-33	25	0,68	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	27,7	0,6	28,3
34	33-34	102	0,86	29	3,3	11	3,8	33	8,9	13	1,9	36,1	2,0	38,0
37	35-37	253	0,58	89	5,5	16	4,5	0	0,0	13	1,9	10,0	7,2	17,2
37	36-37	136	0,61	66	4,8	15	4,3	10	5,1	6	1,3	9,1	3,7	12,9
39	37-39	10	0,69	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	17,2	0,2	17,5
39	38-39	135	0,63	70	4,9	23	5,3	10	5,1	6	1,3	10,2	3,6	13,8
40	39-40	208	0,75	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13	1,9	17,5	4,6	22,1

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(hasil perhitungan)

BLOK A														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
2	1-2	10617	0,40	0,8	0,25	0,20	1,31	0,16	0,43	0,09	15,05	73,03	0,09	0,00
4	3-4	588	0,95	0,5	0,13	0,07	0,77	0,09	0,29	0,02	6,92	122,63	0,02	0,00
5	3-5	8066	0,72	0,8	0,31	0,25	1,42	0,17	0,47	0,12	15,48	71,66	0,12	0,00
5	4-5	1122	0,95	0,5	0,16	0,08	0,82	0,10	0,32	0,03	11,61	86,80	0,03	0,00
7	5-7	9188	0,75	0,8	0,34	0,27	1,49	0,18	0,48	0,13	16,24	69,41	0,13	0,00
7	6-7	15261	0,86	1	0,50	0,50	2,00	0,25	0,59	0,30	12,84	81,16	0,30	0,00
8	6-8	480	0,95	0,5	0,12	0,06	0,75	0,08	0,28	0,02	6,03	134,33	0,02	0,00
9	7-9	25259	0,82	1	0,57	0,57	2,14	0,27	0,62	0,35	19,89	60,64	0,35	0,00
9	8-9	16401	0,86	1	0,43	0,43	1,85	0,23	0,56	0,24	20,03	60,36	0,24	0,00
11	9-11	41660	0,84	1,2	0,69	0,83	2,58	0,32	0,70	0,58	20,55	59,33	0,58	0,00
11	10-11	20770	0,88	1	0,58	0,58	2,15	0,27	0,62	0,36	16,07	69,90	0,36	0,00
12	10-12	594	0,95	0,5	0,13	0,07	0,76	0,09	0,29	0,02	7,01	121,58	0,02	0,00
13	11-13	63240	0,85	1,2	0,90	1,08	3,00	0,36	0,75	0,81	23,53	54,20	0,81	0,00
13	12-13	24553	0,86	1	0,54	0,54	2,09	0,26	0,61	0,33	22,40	56,01	0,33	0,00
15	14-15	13724	0,88	0,8	0,57	0,45	1,93	0,23	0,57	0,26	14,00	76,64	0,26	0,00
16	14-16	570	0,95	0,5	0,13	0,07	0,77	0,09	0,29	0,02	6,73	124,91	0,02	0,00
17	15-17	14300	0,88	0,8	0,53	0,43	1,86	0,23	0,56	0,24	16,87	67,67	0,24	0,00
17	16-17	14300	0,88	0,8	0,59	0,47	1,98	0,24	0,57	0,27	13,96	76,78	0,27	0,00
19	13-19	87793	0,86	1,5	0,91	1,36	3,31	0,41	0,82	1,12	23,98	53,53	1,12	0,00
19	18-19	12789	0,87	0,8	0,55	0,44	1,90	0,23	0,56	0,25	12,92	80,84	0,25	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK A														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
20	17-20	28600	0,88	1	0,71	0,71	2,42	0,29	0,66	0,47	17,28	66,61	0,47	0,00
20	18-20	576	0,95	0,5	0,13	0,07	0,77	0,09	0,29	0,02	6,78	124,31	0,02	0,00
21	19-21	101302	0,86	1,5	0,96	1,45	3,43	0,42	0,84	1,21	26,36	50,25	1,21	0,00
21	20-21	45385	0,87	1,2	0,70	0,84	2,59	0,32	0,70	0,59	24,03	53,46	0,59	0,00
22	1-22	29433	0,39	0,8	0,42	0,34	1,64	0,21	0,52	0,17	23,62	54,08	0,17	0,00
23	22-23	43207	0,56	1	0,51	0,51	2,03	0,25	0,60	0,31	29,95	46,16	0,31	0,00
25	23-25	43909	0,56	1	0,51	0,51	2,03	0,25	0,60	0,31	31,46	44,67	0,31	0,00
25	24-25	14241	0,87	0,8	0,55	0,44	1,91	0,23	0,56	0,25	15,31	72,19	0,25	0,00
27	26-27	16305	0,87	0,8	0,56	0,45	1,91	0,23	0,56	0,25	18,36	63,96	0,25	0,00
28	25-28	58150	0,64	1	0,69	0,69	2,39	0,29	0,65	0,45	32,22	43,96	0,45	0,00
28	26-28	715	0,95	0,5	0,18	0,09	0,87	0,11	0,33	0,03	4,67	159,38	0,03	0,00
29	27-29	16785	0,87	0,8	0,54	0,43	1,87	0,23	0,56	0,24	20,75	58,95	0,24	0,00
29	28-29	73113	0,69	1,2	0,66	0,79	2,52	0,31	0,69	0,55	38,10	39,32	0,55	0,00
30	21-30	146687	0,86	1,5	1,28	1,92	4,07	0,47	0,91	1,74	26,86	49,63	1,74	0,00
31	29-31	89898	0,72	1,2	0,80	0,96	2,80	0,34	0,73	0,70	38,48	39,05	0,70	0,00
31	30a-31	582	0,95	0,5	0,14	0,07	0,77	0,09	0,29	0,02	6,82	123,73	0,02	0,00
33	2-33	157813	0,67	1,5	0,81	1,22	3,12	0,39	0,80	0,97	49,49	33,02	0,97	0,00
33	32-33	14173	0,38	0,8	0,26	0,21	1,33	0,16	0,44	0,09	19,93	60,55	0,09	0,00
34	30-34	205203	0,86	1,5	1,26	1,89	4,01	0,47	0,90	1,70	45,75	34,80	1,70	0,00
34	33-34	171986	0,65	1,5	0,84	1,26	3,18	0,40	0,80	1,01	49,82	32,87	1,01	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK A														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
35	31-35	143468	0,77	1,2	0,97	1,16	3,13	0,37	0,77	0,89	59,47	29,21	0,89	0,00
35	34-35	377693	0,76	2	1,27	2,54	4,54	0,56	1,01	2,58	51,21	32,28	2,58	0,00
37	36-37	6418	0,89	0,8	0,36	0,29	1,52	0,19	0,49	0,14	11,16	89,12	0,14	0,00
38	35-38	521161	0,76	2	1,51	3,02	5,02	0,60	1,06	3,21	59,73	29,13	3,21	0,00
38	37-38	6916	0,89	0,8	0,34	0,27	1,48	0,18	0,48	0,13	14,03	76,52	0,13	0,00
39	38-39	539422	0,77	2	1,49	2,98	4,98	0,60	1,06	3,16	65,14	27,49	3,16	0,00
BLOK B														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
2	1-2	40949	0,67	1	0,59	0,59	2,18	0,27	0,62	0,37	27,93	48,36	0,37	0,00
3	2-3	69609	0,66	1	0,74	0,74	2,49	0,30	0,67	0,49	39,11	38,64	0,49	0,00
5	4-5	5782	0,69	0,8	0,26	0,21	1,32	0,16	0,44	0,09	12,92	80,84	0,09	0,00
6	5-6	6280	0,71	0,8	0,25	0,20	1,31	0,16	0,43	0,09	16,14	69,71	0,09	0,00
7	6-7	12452	0,76	0,8	0,39	0,31	1,58	0,20	0,51	0,16	20,12	60,17	0,16	0,00
8	7-8	30957	0,67	1	0,48	0,48	1,97	0,25	0,59	0,28	26,99	49,48	0,28	0,00
9	3-9	94267,64	0,61	1	0,79	0,79	2,58	0,31	0,68	0,54	48,78	33,34	0,53	0,00
9	8-9	31383	0,67	1	0,47	0,47	1,95	0,24	0,58	0,28	29,02	47,13	0,28	0,00
11	10-11	9706	0,53	0,8	0,29	0,23	1,39	0,17	0,46	0,11	14,91	73,49	0,11	0,00
12	11-12	19644	0,46	0,8	0,39	0,31	1,58	0,20	0,51	0,16	19,06	62,39	0,16	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK B														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
13	12-13	35713	0,66	1	0,51	0,51	2,03	0,25	0,60	0,31	29,23	46,91	0,31	0,00
14	9-14	125650,64	0,63	1,2	0,82	0,98	2,84	0,35	0,74	0,72	49,37	33,08	0,72	0,00
14	13-14	36031	0,66	1	0,51	0,51	2,01	0,25	0,59	0,30	30,72	45,39	0,30	0,00
15	14-15	196843,64	0,65	1,5	0,84	1,26	3,18	0,40	0,80	1,01	61,47	28,58	1,01	0,00
19	18-19	3148	0,88	0,8	0,21	0,16	1,21	0,14	0,39	0,06	12,17	84,13	0,06	0,00
20	18-20	6489	0,47	0,8	0,18	0,14	1,15	0,12	0,37	0,05	20,13	60,15	0,05	0,00
20	19-20	10269	0,90	0,8	0,40	0,32	1,60	0,20	0,51	0,16	18,52	63,60	0,16	0,00
22	20-22	16758	0,73	0,8	0,47	0,37	1,73	0,22	0,54	0,20	21,06	58,36	0,20	0,00
22	21-22	15007	0,87	1	0,48	0,48	1,97	0,25	0,59	0,28	13,59	78,18	0,28	0,00
23	21-23	588	0,95	0,8	0,09	0,07	0,98	0,07	0,26	0,02	7,66	114,55	0,02	0,00
24	22-24	32719	0,80	1	0,60	0,60	2,20	0,27	0,63	0,38	25,29	51,66	0,38	0,00
24	23-24	20305	0,85	1	0,54	0,54	2,08	0,26	0,61	0,33	16,71	68,11	0,33	0,00
26	24-26	53024	0,82	1,2	0,73	0,87	2,65	0,33	0,71	0,62	25,67	51,16	0,62	0,00
26	25-26	20232	0,88	1	0,56	0,56	2,12	0,26	0,61	0,35	16,22	69,48	0,35	0,00
27	25-27	600	0,95	0,8	0,09	0,07	0,98	0,07	0,26	0,02	7,77	113,51	0,02	0,00
28	26-28	73850	0,84	1,2	0,92	1,10	3,03	0,36	0,76	0,83	27,84	48,46	0,83	0,00
28	27-28	20333	0,89	1	0,56	0,56	2,11	0,26	0,61	0,34	16,85	67,72	0,34	0,00
30	28-30	94183	0,85	1,5	0,88	1,31	3,25	0,40	0,81	1,07	28,19	48,06	1,07	0,00
30	29-30	19415,5	0,89	1	0,55	0,55	2,10	0,26	0,61	0,33	16,23	69,44	0,33	0,00
31	29-31	564	0,95	0,8	0,09	0,07	0,97	0,07	0,26	0,02	7,45	116,70	0,02	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK B														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
32	30-32	114186,5	0,86	1,5	0,99	1,48	3,48	0,43	0,84	1,25	30,12	45,98	1,25	0,00
32	31-32	20003,5	0,89	1	0,56	0,56	2,11	0,26	0,61	0,34	16,48	68,74	0,34	0,00
34	32-34	134190	0,86	1,5	1,12	1,68	3,74	0,45	0,87	1,47	30,45	45,65	1,47	0,00
34	33-34	18386	0,90	1	0,53	0,53	2,05	0,26	0,60	0,32	16,48	68,72	0,32	0,00
35	33-35	570	0,95	0,8	0,09	0,07	0,97	0,07	0,26	0,02	7,50	116,16	0,02	0,00
37	36-37	1398	0,95	0,8	0,12	0,09	1,03	0,09	0,30	0,03	14,26	75,69	0,03	0,00
39	38-39	1110	0,95	0,8	0,11	0,09	1,02	0,09	0,29	0,03	12,00	84,90	0,02	0,00
40	34-40	153020	0,87	1,5	1,22	1,83	3,94	0,46	0,89	1,64	31,83	44,32	1,64	0,00
40	39-40	1110	0,95	0,8	0,10	0,08	1,01	0,08	0,28	0,02	13,12	80,00	0,02	0,00
41	35-41	15417	0,88	1	0,49	0,49	1,98	0,25	0,59	0,29	14,20	75,89	0,29	0,00
41	37-41	12584	0,78	0,8	0,38	0,30	1,56	0,19	0,50	0,15	22,68	55,56	0,15	0,00
41	40-41	161583	0,85	1,5	1,21	1,81	3,92	0,46	0,89	1,62	33,75	42,62	1,62	0,00
42	41-42	189584	0,84	2	1,00	2,00	4,00	0,50	0,94	1,88	34,11	42,32	1,88	0,00
43	17-43	6165	0,57	0,8	0,19	0,15	1,17	0,13	0,38	0,06	21,38	57,79	0,06	0,00
44	16-44	24493	0,84	1	0,50	0,50	2,01	0,25	0,59	0,30	24,67	52,52	0,30	0,00
44	43-44	6411	0,58	0,8	0,19	0,15	1,18	0,13	0,38	0,06	23,18	54,75	0,06	0,00
45	44-45	30904	0,79	1	0,57	0,57	2,13	0,27	0,62	0,35	25,16	51,84	0,35	0,00
45	36a-45	252	0,95	0,8	0,07	0,05	0,93	0,06	0,22	0,01	4,53	162,60	0,01	0,00
46	45-46	57650	0,74	1	0,75	0,75	2,50	0,30	0,67	0,50	33,99	42,42	0,50	0,00
47	17-47	20243	0,89	1	0,53	0,53	2,05	0,26	0,60	0,32	18,72	63,13	0,32	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK B														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
48	47-48	22520	0,86	1	0,50	0,50	2,00	0,25	0,59	0,29	23,15	54,80	0,29	0,00
49	16-49	23124	0,59	0,8	0,41	0,33	1,63	0,20	0,52	0,17	31,45	44,68	0,17	0,00
49	48-49	22754	0,86	1	0,49	0,49	1,98	0,25	0,59	0,29	24,26	53,12	0,29	0,00
50	49-50	45878	0,73	1	0,64	0,64	2,28	0,28	0,64	0,41	31,92	44,24	0,41	0,00
50	38a-50	240	0,95	0,8	0,06	0,05	0,93	0,06	0,22	0,01	4,41	165,59	0,01	0,00
51	50-51	58036	0,75	1	0,73	0,73	2,46	0,30	0,66	0,48	36,94	40,13	0,48	0,00
BLOK C														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
3	1-3	11600	0,41	0,8	0,24	0,19	1,27	0,15	0,42	0,08	20,65	59,13	0,08	0,00
3	2-3	16010	0,39	0,8	0,29	0,23	1,38	0,17	0,45	0,10	20,41	59,60	0,10	0,00
5	4-5	7293	0,83	0,8	0,35	0,28	1,51	0,19	0,49	0,14	12,62	82,13	0,14	0,00
7	5-7	7803	0,84	0,8	0,34	0,27	1,48	0,18	0,48	0,13	15,56	71,41	0,13	0,00
7	6-7	6999	0,83	0,8	0,37	0,29	1,54	0,19	0,50	0,15	10,90	90,57	0,15	0,00
9	3-9	27610	0,40	0,8	0,43	0,34	1,66	0,21	0,52	0,18	21,16	58,18	0,18	0,00
9	8-9	9606	0,85	0,8	0,44	0,35	1,68	0,21	0,53	0,18	12,70	81,76	0,18	0,00
10	8-10	504	0,95	0,5	0,12	0,06	0,75	0,08	0,28	0,02	6,26	131,06	0,02	0,00
11	9-11	37720	0,52	1	0,50	0,50	2,00	0,25	0,59	0,30	23,53	54,21	0,30	0,00
11	10-11	10098	0,85	0,8	0,46	0,37	1,72	0,21	0,53	0,20	12,55	82,41	0,20	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK C														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
13	11-13	47818	0,59	1	0,65	0,65	2,31	0,28	0,64	0,42	23,94	53,58	0,42	0,00
13	12-13	8315	0,87	0,8	0,40	0,32	1,60	0,20	0,51	0,16	12,81	81,31	0,16	0,00
14	12-14	420	0,95	0,5	0,12	0,06	0,73	0,08	0,27	0,02	5,58	141,55	0,02	0,00
15	13-15	56559	0,63	1	0,76	0,76	2,52	0,30	0,67	0,51	25,71	51,10	0,51	0,00
15	14-15	8741	0,87	0,8	0,42	0,33	1,64	0,20	0,52	0,17	12,76	81,51	0,17	0,00
17	7-17	14802	0,83	0,8	0,54	0,43	1,87	0,23	0,56	0,24	16,04	69,98	0,24	0,00
17	16-17	5865	0,85	0,8	0,33	0,26	1,46	0,18	0,48	0,13	10,95	90,29	0,13	0,00
18	15-18	65300	0,67	1,2	0,72	0,86	2,64	0,33	0,71	0,61	26,09	50,61	0,61	0,00
18	17-18	21093	0,84	1	0,53	0,53	2,06	0,26	0,60	0,32	18,00	64,80	0,32	0,00
20	18-20	94348	0,72	1,2	0,96	1,15	3,12	0,37	0,77	0,88	29,39	46,74	0,88	0,00
20	19-20	288	0,95	0,5	0,10	0,05	0,70	0,07	0,26	0,01	4,47	164,14	0,01	0,00
22	21-22	8628	0,86	0,8	0,41	0,33	1,62	0,20	0,51	0,17	12,73	81,64	0,17	0,00
23	21-23	438	0,95	0,5	0,12	0,06	0,74	0,08	0,28	0,02	5,72	139,11	0,02	0,00
24	22-24	9066	0,87	0,8	0,39	0,31	1,59	0,20	0,51	0,16	15,13	72,76	0,16	0,00
24	23-24	9060	0,87	0,8	0,43	0,34	1,66	0,21	0,52	0,18	12,62	82,14	0,18	0,00
26	20-26	94636	0,72	1,2	0,96	1,15	3,11	0,37	0,77	0,88	29,82	46,29	0,88	0,00
26	25-26	6614	0,85	0,8	0,35	0,28	1,49	0,19	0,48	0,13	11,87	85,53	0,13	0,00
27	24-27	18126	0,87	1	0,52	0,52	2,04	0,25	0,60	0,31	15,58	71,37	0,31	0,00
27	25-27	438	0,95	0,5	0,12	0,06	0,74	0,08	0,28	0,02	5,72	139,11	0,02	0,00
28	26-28	101754	0,73	1,2	0,99	1,19	3,18	0,37	0,77	0,92	31,63	44,50	0,92	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK C														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
28	27-28	23880	0,87	1	0,59	0,59	2,18	0,27	0,62	0,37	18,33	64,03	0,37	0,00
30	28-30	125634	0,76	1,5	0,94	1,40	3,37	0,42	0,83	1,17	32,05	44,11	1,17	0,00
30	29-30	13025	0,88	0,8	0,51	0,41	1,82	0,22	0,55	0,23	15,74	70,86	0,23	0,00
31	29-31	408	0,95	0,5	0,11	0,06	0,73	0,08	0,27	0,02	5,48	143,25	0,02	0,00
32	30-32	139139	0,77	1,5	1,00	1,50	3,50	0,43	0,85	1,27	33,63	42,73	1,27	0,00
32	31-32	11977	0,89	0,8	0,50	0,40	1,80	0,22	0,55	0,22	14,69	74,20	0,22	0,00
33	2-33	16859	0,89	0,8	0,58	0,47	1,97	0,24	0,57	0,27	18,46	63,74	0,27	0,00
34	32-34	151116	0,78	1,5	1,07	1,61	3,64	0,44	0,86	1,39	34,03	42,39	1,39	0,00
34	33-34	26968	0,89	1	0,56	0,56	2,12	0,26	0,61	0,34	25,55	51,32	0,34	0,00
36	34-36	178546	0,80	1,5	1,22	1,82	3,93	0,46	0,89	1,63	35,47	41,23	1,63	0,00
36	35-36	5561	0,92	0,8	0,32	0,26	1,44	0,18	0,47	0,12	11,94	85,20	0,12	0,00
38	36-38	184107	0,80	1,5	1,24	1,87	3,99	0,47	0,90	1,68	35,84	40,95	1,68	0,00
38	37-38	5515	0,43	0,5	0,24	0,12	0,98	0,12	0,37	0,04	17,95	64,92	0,04	0,00
39	38-39	190042	0,79	1,5	1,24	1,86	3,98	0,47	0,90	1,67	37,14	39,99	1,67	0,00
41	40-41	105822	0,37	1	0,69	0,69	2,37	0,29	0,65	0,45	34,99	41,61	0,45	0,00
BLOK D														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
2	1-2	26326	0,48	0,8	0,47	0,38	1,75	0,22	0,54	0,20	21,64	57,32	0,20	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK D														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
3	1-3	7320	0,68	0,8	0,29	0,23	1,38	0,17	0,45	0,11	14,02	76,54	0,11	0,00
4	3-4	26033	0,82	1	0,52	0,52	2,05	0,26	0,60	0,31	24,44	52,86	0,31	0,00
6	5-6	5356	0,86	0,8	0,31	0,25	1,43	0,18	0,47	0,12	10,69	91,72	0,12	0,00
7	5-7	414	0,95	0,5	0,12	0,06	0,73	0,08	0,27	0,02	5,53	142,39	0,02	0,00
8	6-8	5830	0,87	0,8	0,30	0,24	1,40	0,17	0,46	0,11	13,55	78,31	0,11	0,00
8	7-8	6902	0,87	0,8	0,36	0,29	1,53	0,19	0,49	0,14	11,75	86,10	0,14	0,00
10	8-10	12732	0,87	0,8	0,53	0,42	1,86	0,23	0,56	0,24	14,03	76,52	0,24	0,00
10	9-10	7174	0,87	0,8	0,37	0,30	1,55	0,19	0,50	0,15	11,84	85,67	0,15	0,00
11	9-11	450	0,95	0,5	0,12	0,06	0,74	0,08	0,28	0,02	5,82	137,54	0,02	0,00
12	10-12	20344	0,87	1	0,56	0,56	2,12	0,26	0,61	0,35	16,01	70,07	0,35	0,00
12	11-12	7545	0,88	0,8	0,39	0,31	1,58	0,20	0,51	0,16	11,87	85,55	0,16	0,00
14	12-14	27889	0,87	1	0,71	0,71	2,42	0,29	0,66	0,47	16,42	68,91	0,47	0,00
14	13-14	6614	0,87	0,8	0,35	0,28	1,50	0,19	0,49	0,14	12,06	84,64	0,14	0,00
15	13-15	1900	0,47	0,5	0,13	0,07	0,77	0,09	0,29	0,02	13,88	77,07	0,02	0,00
16	14-16	34911	0,87	1,2	0,66	0,80	2,53	0,31	0,69	0,55	18,06	64,67	0,55	0,00
16	15-16	7581	0,77	0,8	0,28	0,22	1,36	0,17	0,45	0,10	19,12	62,26	0,10	0,00
18	16-18	42492	0,86	1,2	0,73	0,87	2,66	0,33	0,71	0,62	19,49	61,46	0,62	0,00
18	17-18	4505	0,73	0,8	0,22	0,17	1,24	0,14	0,40	0,07	14,00	76,63	0,07	0,00
19	18-19	49271	0,83	1,2	0,76	0,91	2,72	0,34	0,72	0,66	21,21	58,10	0,66	0,00
22	20-22	9803	0,55	0,8	0,23	0,19	1,27	0,15	0,42	0,08	24,98	52,09	0,08	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo (lanjutan)

BLOK D														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
22	21-22	16567	0,58	0,8	0,50	0,40	1,80	0,22	0,55	0,22	12,91	80,89	0,22	0,00
24	22-24	26370	0,57	0,8	0,49	0,39	1,79	0,22	0,54	0,21	25,47	51,42	0,21	0,00
24	23-24	7435	0,73	0,8	0,31	0,25	1,42	0,18	0,47	0,12	13,70	77,76	0,12	0,00
26	24-26	36284	0,61	1	0,50	0,50	1,99	0,25	0,59	0,29	28,66	47,53	0,29	0,00
26	25-26	9750	0,61	0,8	0,33	0,26	1,46	0,18	0,48	0,13	14,21	75,87	0,13	0,00
28	26-28	46034	0,61	1	0,59	0,59	2,18	0,27	0,62	0,37	29,09	47,06	0,37	0,00
28	27-28	5831	0,82	0,8	0,34	0,27	1,47	0,18	0,48	0,13	9,92	96,44	0,13	0,00
29	4-29	26477	0,82	1	0,51	0,51	2,02	0,25	0,60	0,30	26,51	50,07	0,30	0,00
29	28-29	76473	0,72	1,2	0,68	0,82	2,56	0,32	0,70	0,57	41,26	37,28	0,57	0,00
31	29-31	102950	0,74	1,2	0,88	1,05	2,95	0,36	0,75	0,79	41,62	37,06	0,79	0,00
31	30-31	384	0,95	0,5	0,11	0,06	0,72	0,08	0,27	0,02	5,28	146,83	0,01	0,00
32	31-32	107220	0,74	1,2	0,88	1,06	2,96	0,36	0,75	0,79	43,13	36,19	0,79	0,00
BLOK E														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
3	2-3	10966	0,84	0,8	0,47	0,37	1,73	0,22	0,54	0,20	13,55	78,32	0,20	0,00
4	3-4	19473	0,86	1	0,50	0,50	2,00	0,25	0,59	0,29	18,63	63,35	0,29	0,00
5	2-5	14748	0,79	0,8	0,50	0,40	1,80	0,22	0,55	0,22	16,93	67,52	0,22	0,00
7	6-7	12773	0,86	0,8	0,47	0,37	1,73	0,22	0,54	0,20	17,56	65,89	0,20	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK E														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
8	6-8	492	0,95	0,5	0,12	0,06	0,75	0,08	0,28	0,02	6,16	132,42	0,02	0,00
9	7-9	13205	0,86	0,8	0,45	0,36	1,70	0,21	0,53	0,19	19,82	60,77	0,19	0,00
9	8-9	11712	0,87	0,8	0,50	0,40	1,80	0,22	0,55	0,22	13,91	76,96	0,22	0,00
10	5-10	20008	0,80	0,8	0,59	0,48	1,99	0,24	0,57	0,27	19,60	61,24	0,27	0,00
10	9-10	24917	0,87	1	0,58	0,58	2,16	0,27	0,62	0,36	20,25	59,91	0,36	0,00
12	11-12	480	0,95	0,5	0,12	0,06	0,74	0,08	0,28	0,02	6,07	133,83	0,02	0,00
13	12-13	8618	0,86	0,8	0,42	0,34	1,65	0,21	0,52	0,18	11,87	85,54	0,18	0,00
14	11-14	8792	0,85	0,8	0,38	0,30	1,56	0,19	0,50	0,15	15,24	72,40	0,15	0,00
14	13-14	9038	0,86	0,8	0,40	0,32	1,61	0,20	0,51	0,16	14,15	76,07	0,16	0,00
15	4-15	24368	0,86	1	0,55	0,55	2,11	0,26	0,61	0,34	21,08	58,33	0,34	0,00
15	14-15	17830	0,86	1	0,51	0,51	2,01	0,25	0,59	0,30	15,69	71,02	0,30	0,00
16	1-16	34895	0,60	0,8	0,52	0,42	1,84	0,23	0,55	0,23	37,25	39,91	0,23	0,00
16	15-16	42624	0,86	1,2	0,67	0,81	2,55	0,32	0,69	0,56	22,79	55,38	0,56	0,00
17	10-17	45351	0,84	1,2	0,71	0,85	2,62	0,33	0,70	0,60	21,93	56,81	0,60	0,00
17	16-17	77519	0,74	1,2	0,74	0,89	2,68	0,33	0,71	0,63	37,63	39,64	0,63	0,00
19	17-19	130881	0,78	1,5	0,87	1,31	3,25	0,40	0,81	1,07	40,90	37,50	1,07	0,00
19	18-19	12720	0,81	0,8	0,45	0,36	1,71	0,21	0,53	0,19	16,93	67,52	0,19	0,00
21	19-21	143601	0,79	1,5	0,94	1,41	3,37	0,42	0,83	1,17	41,22	37,30	1,17	0,00
21	20-21	15745	0,66	0,8	0,45	0,36	1,70	0,21	0,53	0,19	17,63	65,71	0,19	0,00
22	21-22	164455	0,77	1,5	1,01	1,51	3,51	0,43	0,85	1,28	42,87	36,34	1,28	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK F														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
3	1-3	216	0,95	0,8	0,06	0,05	0,92	0,05	0,21	0,01	4,19	171,39	0,01	0,00
3	2-3	15865	0,39	0,8	0,30	0,24	1,39	0,17	0,46	0,11	19,07	62,37	0,11	0,00
5	3-5	16081	0,40	0,8	0,30	0,24	1,40	0,17	0,46	0,11	19,65	61,14	0,11	0,00
5	4-5	5652	0,75	0,8	0,26	0,21	1,32	0,16	0,44	0,09	13,95	76,80	0,09	0,00
7	5-7	18531	0,44	0,8	0,34	0,27	1,47	0,18	0,48	0,13	22,04	56,62	0,13	0,00
7	6-7	10732	0,85	0,8	0,45	0,36	1,69	0,21	0,53	0,19	14,51	74,81	0,19	0,00
9	7-9	29263	0,59	0,8	0,59	0,47	1,98	0,24	0,57	0,27	22,33	56,13	0,27	0,00
9	8-9	10451	0,85	0,8	0,44	0,35	1,68	0,21	0,53	0,18	14,58	74,57	0,18	0,00
11	9-11	41052	0,65	1	0,63	0,63	2,26	0,28	0,64	0,40	23,93	53,60	0,40	0,00
11	10-11	5482	0,76	0,8	0,25	0,20	1,30	0,15	0,43	0,09	15,04	73,05	0,08	0,00
13	11-13	46534	0,67	1	0,70	0,70	2,40	0,29	0,66	0,46	24,18	53,23	0,46	0,00
13	12-13	6305	0,75	0,8	0,32	0,25	1,43	0,18	0,47	0,12	11,06	89,65	0,12	0,00
15	13-15	54163	0,67	1	0,77	0,77	2,53	0,30	0,67	0,51	25,95	50,79	0,51	0,00
15	14-15	12048	0,85	0,8	0,47	0,38	1,74	0,22	0,54	0,20	15,68	71,04	0,20	0,00
17	15-17	66211	0,70	1,2	0,76	0,91	2,71	0,33	0,72	0,65	26,32	50,31	0,65	0,00
17	16-17	15417	0,82	0,8	0,59	0,47	1,98	0,24	0,57	0,27	13,75	77,57	0,27	0,00
20	18-20	10226	0,85	0,8	0,47	0,38	1,74	0,22	0,54	0,20	12,35	83,30	0,20	0,00
20	19-20	4679	0,73	0,8	0,30	0,24	1,40	0,17	0,46	0,11	7,49	116,23	0,11	0,00
21	17-21	83679	0,72	1,2	0,89	1,07	2,99	0,36	0,75	0,81	27,98	48,30	0,81	0,00
21	20-21	14905	0,81	0,8	0,60	0,48	2,00	0,24	0,58	0,28	12,76	81,53	0,28	0,00

Tabel 3. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran di Kawasan Perumahan Benowo
(lanjutan)

BLOK F														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m ²		m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	menit	mm/h	m ³ /s	m ³ /s
23	22-23	7062	0,51	0,8	0,20	0,16	1,21	0,14	0,39	0,06	18,20	64,34	0,06	0,00
26	24-26	8128	0,83	0,8	0,34	0,27	1,48	0,18	0,48	0,13	15,78	70,75	0,13	0,00
26	25-26	4571	0,73	0,8	0,37	0,30	1,54	0,19	0,50	0,15	4,72	158,14	0,15	0,00
28	26-28	12699	0,79	0,8	0,46	0,37	1,72	0,21	0,53	0,20	16,28	69,30	0,19	0,00
28	27-28	3878	0,74	0,8	0,20	0,16	1,20	0,13	0,39	0,06	13,57	78,23	0,06	0,00
29	23-29	8518	0,58	0,8	0,23	0,19	1,27	0,15	0,42	0,08	22,69	55,54	0,08	0,00
29	28-29	23386	0,80	1	0,54	0,54	2,08	0,26	0,61	0,33	18,53	63,56	0,33	0,00
31	29-31	31904	0,74	1	0,58	0,58	2,16	0,27	0,62	0,36	23,12	54,85	0,36	0,00
31	30-31	6427	0,86	0,8	0,34	0,28	1,49	0,19	0,48	0,13	11,54	87,19	0,13	0,00
32	22-32	13248	0,48	0,8	0,26	0,21	1,33	0,16	0,44	0,09	24,79	52,36	0,09	0,00
32	31-32	43074	0,77	1	0,68	0,68	2,37	0,29	0,65	0,45	27,73	48,59	0,45	0,00
33	21-33	111329	0,74	1,5	0,79	1,19	3,08	0,39	0,79	0,94	36,06	40,78	0,94	0,00
33	32-33	56322	0,70	1,2	0,64	0,77	2,48	0,31	0,68	0,52	28,34	47,89	0,52	0,00
34	33-34	172236	0,73	1,5	1,06	1,60	3,63	0,44	0,86	1,38	38,04	39,36	1,38	0,00
37	35-37	18908	0,80	1	0,48	0,48	1,96	0,25	0,58	0,28	17,22	66,76	0,28	0,00
37	36-37	21543	0,69	1	0,55	0,55	2,10	0,26	0,61	0,34	12,85	81,12	0,34	0,00
39	37-39	40451	0,74	1,2	0,67	0,80	2,53	0,32	0,69	0,55	17,46	66,14	0,55	0,00
39	38-39	23456	0,78	1	0,62	0,62	2,24	0,28	0,63	0,39	13,79	77,42	0,39	0,00
40	39-40	66611	0,77	1,2	0,89	1,07	2,98	0,36	0,75	0,80	22,07	56,57	0,80	0,00

Tabel 4. Intensitas Hujan (I), Debit Rencana (Q), dan Dimensi Saluran Utama Kawasan Perumahan Benowo
(hasil perhitungan)

Saluran Utama 1														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
2	1-2	105822	0,37	5	0,26	1,29	5,52	0,23	0,38	0,49	35,78	45,53	0,49	0,00
3	2-3	295864	0,64	5	0,64	3,19	6,28	0,51	0,64	2,04	45,40	38,84	2,04	0,00
4	3-4	492708	0,64	5	0,78	3,91	6,56	0,60	0,71	2,76	62,27	31,47	2,76	0,00
5	4-5	550744	0,65	5	0,83	4,15	6,66	0,62	0,73	3,03	65,98	30,28	3,03	0,00
6	5-6	740328	0,70	5	1,02	5,08	7,03	0,72	0,81	4,09	72,83	28,35	4,09	0,00
7	6-7	797978	0,70	5	1,07	5,34	7,14	0,75	0,82	4,40	73,49	28,18	4,40	0,00
8	7-8	1337400	0,73	5	1,56	7,80	8,12	0,96	0,97	7,59	74,13	28,02	7,59	0,00
Saluran Utama 2														
Titik	Saluran	A	C	b	h	A	P	R	v	Q hlika	tc	I	Q hlogi	ΔQ
Kontrol		m2		m	m	m2	m	m	m/s	m3/s	menit	mm/h	m3/s	m3/s
2	1-2	26326	0,48	3	0,19	0,57	3,38	0,17	0,30	0,17	32,45	48,59	0,17	0,00
3	2-3	75597	0,71	3	0,45	1,35	3,90	0,35	0,49	0,67	36,64	44,81	0,67	0,00
4	3-4	182817	0,72	3	0,76	2,29	4,53	0,51	0,64	1,46	44,05	39,64	1,46	0,00
5	4-5	347272	0,75	3	1,10	3,31	5,21	0,64	0,74	2,45	55,29	34,06	2,45	0,00
6	5-6	519508	0,74	3	1,47	4,41	5,94	0,74	0,82	3,61	55,92	33,81	3,61	0,00
7	6-7	586119	0,74	3	1,60	4,81	6,21	0,78	0,84	4,06	56,55	33,55	4,06	0,00

Tabel 5. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 1 Romokalisari (hasil perhitungan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
0	0	0				0
0,5	0,237	1,27				1,27
1	0,110	1,27	0			1,27
1,5	0,052	0,59	6,94			7,53
2	0,037	0,28	6,94	0		7,22
2,5	0,026	0,20	3,22	1,80		5,22
3	0,018	0,14	1,54	1,80	0	3,48
3,5	0,013	0,10	1,08	0,84	1,01	3,03
4	0,009	0,07	0,77	0,40	1,01	2,24
4,5	0,006	0,05	0,54	0,28	0,47	1,34
5	0,005	0,03	0,38	0,20	0,22	0,84
5,5	0,003	0,02	0,27	0,14	0,16	0,59
6	0,002	0,02	0,19	0,10	0,11	0,42
6,5	0,002	0,01	0,13	0,07	0,08	0,29
7	0,001	0,01	0,09	0,05	0,06	0,21
7,5	0,001	0,01	0,07	0,03	0,04	0,15
8	0,001	0,00	0,05	0,02	0,03	0,10
8,5	0,000	0,00	0,03	0,02	0,02	0,07
9	0,000	0,00	0,02	0,01	0,01	0,05
9,5	0,000	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04

Tabel 5. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 1 Romokalisari (lanjutan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
10	0,000	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03
10,5	0,000	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
11	0,000	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
11,5	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
12	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
12,5	0,000		0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,000		0,00	0,00	0,00	0,00
13,5	0,000			0,00	0,00	0,00
14	0,000			0,00	0,00	0,00
14,5	0,000				0,00	0,00
15	0,000				0,00	0,00

Tabel 6. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 2 Romokalisari (hasil perhitungan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
0	0	0				0
0,33	0,028	0,15				0,15
0,67	0,147	0,78				0,78

Tabel 6. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 2 Romokalisari (lanjutan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	0,388	2,08	0			2,08
1,33	0,585	3,13	0,82			3,94
1,67	0,480	2,57	4,30			6,87
2	0,394	2,11	11,38	0		13,49
2,33	0,270	1,44	17,15	0,21		18,80
2,67	0,237	1,26	14,08	1,12		16,46
3	0,207	1,11	11,56	2,96	0	15,62
3,33	0,136	0,73	7,91	4,46	0,12	13,21
3,67	0,123	0,66	6,94	3,66	0,62	11,88
4	0,111	0,60	6,08	3,00	1,65	11,33
4,33	0,101	0,54	3,98	2,06	2,49	9,06
4,67	0,091	0,49	3,60	1,80	2,04	7,94
5	0,083	0,44	3,26	1,58	1,68	6,96
5,33	0,075	0,40	2,96	1,03	1,15	5,54
5,67	0,068	0,36	2,68	0,94	1,01	4,99
6	0,062	0,33	2,43	0,85	0,88	4,49
6,33	0,056	0,30	2,20	0,77	0,58	3,84
6,67	0,051	0,27	1,99	0,70	0,52	3,48
7	0,046	0,24	1,81	0,63	0,47	3,16
7,33	0,042	0,22	1,64	0,57	0,43	2,86

Tabel 6. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 2 Romokalisari (lanjutan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
7,67	0,038	0,20	1,48	0,52	0,39	2,59
8	0,034	0,18	1,34	0,47	0,35	2,35
8,33	0,031	0,16	1,22	0,43	0,32	2,13
8,67	0,028	0,15	1,10	0,39	0,29	1,93
9	0,025	0,14	1,00	0,35	0,26	1,75
9,33	0,023	0,12	0,90	0,32	0,24	1,58
9,67	0,021	0,11	0,82	0,29	0,22	1,43
10	0,019	0,10	0,74	0,26	0,19	1,30
10,33	0,017	0,09	0,67	0,24	0,18	1,18
10,67	0,015	0,08	0,61	0,21	0,16	1,07
11	0,014	0,07	0,55	0,19	0,14	0,97
11,33	0,013	0,07	0,50	0,17	0,13	0,87
11,67	0,012	0,06	0,45	0,16	0,12	0,79
12	0,010	0,06	0,41	0,14	0,11	0,72
12,33	0,009	0,05	0,37	0,13	0,10	0,65
12,67	0,009	0,05	0,34	0,12	0,09	0,59
13	0,008	0,04	0,31	0,11	0,08	0,53
13,33	0,007	0,04	0,28	0,10	0,07	0,48
13,67	0,006	0,03	0,25	0,09	0,07	0,44
14	0,006	0,03	0,23	0,08	0,06	0,40

Tabel 6. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 2 Romokalisari (lanjutan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
14,33	0,005	0,03	0,21	0,07	0,05	0,36
14,67	0,005	0,03	0,19	0,07	0,05	0,33
15	0,004	0,02	0,17	0,06	0,04	0,30
15,33	0,004	0,02	0,15	0,05	0,04	0,27
15,67	0,004	0,02	0,14	0,05	0,04	0,24
16	0,003	0,02	0,13	0,04	0,03	0,22
16,33	0,003	0,02	0,11	0,04	0,03	0,20
16,67	0,003	0,01	0,10	0,04	0,03	0,18
17	0,002	0,01	0,09	0,03	0,02	0,16
17,33	0,002	0,01	0,08	0,03	0,02	0,15
17,67	0,002	0,01	0,08	0,03	0,02	0,13
18	0,002	0,01	0,07	0,02	0,02	0,12
18,33	0,002	0,01	0,06	0,02	0,02	0,11
18,67	0,001	0,01	0,06	0,02	0,01	0,10
19	0,001	0,01	0,05	0,02	0,01	0,09
19,33	0,001	0,01	0,05	0,02	0,01	0,08
19,67	0,001	0,01	0,04	0,01	0,01	0,07
20	0,001	0,01	0,04	0,01	0,01	0,07
20,33	0,001	0,00	0,03	0,01	0,01	0,06
20,67	0,001	0,00	0,03	0,01	0,01	0,06

Tabel 6. Hidrograf Satuan dan Total Hidrograf Langsung Sub DAS 2 Romokalisari (lanjutan)

t	q	R (mm)				ΣQ
		5,34	29,31	7,62	4,25	
		Q1	Q2	Q3	Q4	
(jam)	(m ³ /s/mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
21	0,001	0,00	0,03	0,01	0,01	0,05
21,33	0,001	0,00	0,03	0,01	0,01	0,05
21,67	0,001	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04
22	0,001	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04
22,33	0,000	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03
22,67	0,000	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03
23	0,000	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03
23,33	0,000	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03
23,67	0,000	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
24	0,000	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02

Tabel 7. Debit dan Elevasi Muka Air Tertinggi di Setiap Potongan Melintang Sungai Romokalisari (hasil simulasi HEC-RAS)

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)
29	3,94	0,48	3,5	3,5	0,000011	0,08
28	3,88	0,49	3,5	3,5	0,000009	0,07
27	4,33	0,51	3,5	3,5	0,000041	0,13
26	4,67	0,63	3,49	3,49	0,000039	0,15
25	5,39	0,52	3,49	3,49	0,000044	0,16

Tabel 7. Debit dan Elevasi Muka Air Tertinggi di Setiap Potongan Melintang Sungai Romokalisari
(lanjutan)

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)
24	5,91	0,43	3,48	3,48	0,000032	0,13
23	6,45	0,27	3,47	3,47	0,00003	0,13
22	7,25	0,43	3,47	3,47	0,00002	0,11
21	7,94	0,05	3,46	3,46	0,000032	0,14
20	8,54	-0,1	3,45	3,45	0,00003	0,14
19	9,34	0,24	3,44	3,44	0,000049	0,17
18	9,95	-0,21	3,43	3,43	0,000022	0,13
17	10,49	0,03	3,43	3,43	0,000024	0,14
16	11,12	0,45	3,41	3,41	0,000098	0,22
15	11,82	0,14	3,33	3,34	0,000556	0,5
14	12,48	0,06	3,29	3,29	0,000089	0,25
13	12,98	0,06	3,27	3,28	0,000086	0,25
12	13,51	1,04	3,22	3,23	0,000855	0,5
11	14,26	0,11	3,13	3,14	0,000421	0,46
10	14,93	-0,15	3,06	3,07	0,000391	0,46
9	15,51	0,09	2,99	3	0,000368	0,44
8	16,29	-0,11	2,89	2,91	0,000959	0,64
7	16,94	-0,43	2,77	2,78	0,000835	0,63
6	17,49	-0,36	2,68	2,69	0,000704	0,57
5	18,46	-0,66	2,56	2,57	0,000453	0,44
4	19,26	-0,68	2,4	2,43	0,001107	0,76

Tabel 7. Debit dan Elevasi Muka Air Tertinggi di Setiap Potongan Melintang Sungai Romokalisari
(lanjutan)

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)
3	20,02	-0,63	2,18	2,2	0,001534	0,76
2	20,84	-0,81	1,93	1,95	0,001378	0,73
1	21,6	-0,92	1,72	1,74	0,001315	0,7
0	1,42	-1,09	0,99	0,99	0,000046	0,11

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (hasil perhitungan)

Blok A									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
2	1-2	161	0,25	4,11	3,56	3,31	4,03	3,48	3,23
4	3-4	98	0,13	4,05	3,68	3,55	4,00	3,63	3,50
5	3-5	144	0,31	4,02	3,53	3,22	3,95	3,46	3,15
5	4-5	89	0,16	4,00	3,66	3,50	3,95	3,61	3,45
7	5-7	22	0,34	3,95	3,50	3,15	3,94	3,48	3,14
7	6-7	198	0,50	4,04	3,54	3,04	3,94	3,44	2,94
8	6-8	80	0,12	4,07	3,69	3,57	4,03	3,65	3,53
9	7-9	135	0,57	3,94	3,51	2,94	3,87	3,44	2,87
9	8-9	308	0,43	4,03	3,45	3,03	3,87	3,30	2,87
11	9-11	22	0,69	3,87	3,36	2,67	3,86	3,35	2,66
11	10-11	327	0,58	4,03	3,60	3,03	3,86	3,44	2,86

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok A									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
12	10-12	99	0,13	4,06	3,69	3,56	4,01	3,64	3,51
13	11-13	135	0,90	3,86	3,56	2,66	3,80	3,49	2,60
13	12-13	421	0,54	4,01	3,55	3,01	3,80	3,34	2,80
15	14-15	229	0,57	4,04	3,80	3,24	3,92	3,69	3,12
16	14-16	95	0,13	4,04	3,67	3,54	3,99	3,62	3,49
17	15-17	96	0,53	3,92	3,65	3,12	3,87	3,61	3,07
17	16-17	230	0,59	3,99	3,78	3,19	3,87	3,66	3,07
19	13-19	22	0,91	3,80	3,20	2,30	3,78	3,19	2,28
19	18-19	191	0,55	3,88	3,63	3,08	3,78	3,54	2,98
20	17-20	16	0,71	3,87	3,58	2,87	3,87	3,58	2,87
20	18-20	96	0,13	3,91	3,55	3,41	3,87	3,50	3,37
21	19-21	120	0,96	3,78	3,25	2,28	3,72	3,19	2,22
21	20-21	284	0,70	3,87	3,36	2,67	3,72	3,22	2,52
22	1-22	367	0,42	4,11	3,73	3,31	3,93	3,55	3,13
23	22-23	227	0,51	3,93	3,44	2,93	3,81	3,33	2,81
25	23-25	54	0,51	3,81	3,33	2,81	3,79	3,30	2,79
25	24-25	280	0,55	3,93	3,68	3,13	3,79	3,54	2,99
27	26-27	254	0,56	3,82	3,57	3,02	3,69	3,45	2,89
28	25-28	30	0,69	3,79	3,48	2,79	3,77	3,46	2,77
28	26-28	55	0,18	3,80	3,48	3,30	3,77	3,45	3,27
29	27-29	80	0,54	3,69	3,43	2,89	3,65	3,39	2,85

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok A									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
29	28-29	243	0,66	3,77	3,23	2,57	3,65	3,11	2,45
30	21-30	27	1,28	3,72	3,51	2,22	3,71	3,49	2,21
31	29-31	17	0,80	3,65	3,25	2,45	3,64	3,24	2,44
31	30a-31	97	0,14	3,69	3,33	3,19	3,64	3,28	3,14
33	2-33	1644	0,81	4,03	3,34	2,53	3,21	2,52	1,71
33	32-33	133	0,26	3,27	2,74	2,47	3,21	2,67	2,41
34	30-34	1021	1,26	3,71	3,47	2,21	3,20	2,96	1,70
34	33-34	16	0,84	3,21	2,55	1,71	3,20	2,54	1,70
35	31-35	968	0,97	3,64	3,41	2,44	3,16	2,92	1,96
35	34-35	84	1,27	3,20	2,47	1,20	3,16	2,43	1,16
37	36-37	115	0,36	3,25	2,81	2,45	3,19	2,75	2,39
38	35-38	16	1,51	3,16	2,67	1,16	3,15	2,66	1,15
38	37-38	83	0,34	3,19	2,73	2,39	3,15	2,69	2,35
39	38-39	344	1,49	3,15	2,64	1,15	2,98	2,47	0,98
Blok B									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
2	1-2	570	0,59	4,21	3,80	3,21	3,93	3,52	2,93
3	2-3	447	0,74	3,93	3,67	2,93	3,70	3,45	2,70
5	4-5	82	0,26	3,81	3,27	3,01	3,77	3,23	2,97

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok B									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
6	5-6	83	0,25	3,77	3,22	2,97	3,72	3,18	2,92
7	6-7	121	0,39	3,72	3,31	2,92	3,66	3,25	2,86
8	7-8	241	0,48	3,66	3,15	2,66	3,54	3,03	2,54
9	3-9	393	0,79	3,70	3,49	2,70	3,51	3,30	2,51
9	8-9	71	0,47	3,54	3,02	2,54	3,51	2,98	2,51
11	10-11	87	0,29	3,81	3,30	3,01	3,77	3,26	2,97
12	11-12	126	0,39	3,77	3,36	2,97	3,70	3,29	2,90
13	12-13	364	0,51	3,70	3,22	2,70	3,52	3,03	2,52
14	9-14	26	0,82	3,51	3,13	2,31	3,49	3,11	2,29
14	13-14	53	0,51	3,52	3,03	2,52	3,49	3,00	2,49
15	14-15	584	0,84	3,49	2,83	1,99	3,20	2,54	1,70
19	18-19	116	0,21	3,60	3,00	2,80	3,54	2,94	2,74
20	18-20	223	0,18	3,55	2,93	2,75	3,44	2,82	2,64
20	19-20	194	0,40	3,54	3,14	2,74	3,44	3,04	2,64
22	20-22	30	0,47	3,44	3,11	2,64	3,43	3,09	2,63
22	21-22	222	0,48	3,54	3,02	2,54	3,43	2,91	2,43
23	21-23	98	0,09	3,56	2,85	2,76	3,51	2,80	2,71
24	22-24	159	0,60	3,43	3,03	2,43	3,35	2,95	2,35
24	23-24	329	0,54	3,51	3,05	2,51	3,35	2,88	2,35
26	24-26	16	0,73	3,35	2,87	2,15	3,34	2,86	2,14
26	25-26	330	0,56	3,50	3,06	2,50	3,34	2,90	2,34

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok B									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
27	25-27	100	0,09	3,51	2,79	2,71	3,46	2,74	2,66
28	26-28	99	0,92	3,34	3,05	2,14	3,29	3,00	2,09
28	27-28	334	0,56	3,46	3,01	2,46	3,29	2,85	2,29
30	28-30	17	0,88	3,29	2,66	1,79	3,28	2,66	1,78
30	29-30	328	0,55	3,44	2,99	2,44	3,28	2,83	2,28
31	29-31	94	0,09	3,44	2,73	2,64	3,40	2,68	2,60
32	30-32	98	0,99	3,28	2,77	1,78	3,23	2,72	1,73
32	31-32	332	0,56	3,40	2,95	2,40	3,23	2,79	2,23
34	32-34	17	1,12	3,23	2,85	1,73	3,22	2,84	1,72
34	33-34	333	0,53	3,39	2,92	2,39	3,22	2,75	2,22
35	33-35	95	0,09	3,30	2,59	2,50	3,25	2,54	2,45
37	36-37	233	0,12	3,38	2,69	2,58	3,26	2,58	2,46
39	38-39	185	0,11	3,29	2,60	2,49	3,19	2,50	2,39
40	34-40	74	1,22	3,22	2,94	1,72	3,19	2,91	1,69
40	39-40	19	0,10	3,19	2,50	2,39	3,19	2,49	2,39
41	35-41	236	0,49	3,25	2,74	2,25	3,13	2,62	2,13
41	37-41	253	0,38	3,26	2,84	2,46	3,13	2,71	2,33
41	40-41	103	1,21	3,19	2,89	1,69	3,13	2,84	1,63
42	41-42	20	1,00	3,13	2,13	1,13	3,12	2,12	1,12
43	17-43	374	0,19	3,38	2,77	2,58	3,20	2,58	2,40
44	16-44	478	0,50	3,42	2,92	2,42	3,18	2,68	2,18

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok B									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
44	43-44	41	0,19	3,20	2,59	2,40	3,18	2,57	2,38
45	44-45	18	0,57	3,18	2,74	2,18	3,17	2,74	2,17
45	36a-45	42	0,07	3,19	2,45	2,39	3,17	2,43	2,37
46	45-46	354	0,75	3,17	2,92	2,17	2,99	2,74	1,99
47	17-47	422	0,53	3,61	3,13	2,61	3,40	2,92	2,40
48	47-48	157	0,50	3,40	2,89	2,40	3,32	2,82	2,32
49	16-49	716	0,41	3,66	3,27	2,86	3,30	2,91	2,50
49	48-49	39	0,49	3,32	2,81	2,32	3,30	2,79	2,30
50	49-50	18	0,64	3,30	2,94	2,30	3,29	2,93	2,29
50	38a-50	40	0,06	3,31	2,57	2,51	3,29	2,55	2,49
51	50-51	200	0,73	3,29	3,02	2,29	3,19	2,92	2,19
Blok C									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
3	1-3	193	0,24	3,80	3,23	3,00	3,70	3,14	2,90
3	2-3	196	0,29	3,80	3,29	3,00	3,70	3,19	2,90
5	4-5	164	0,35	3,77	3,32	2,97	3,69	3,24	2,89
7	5-7	85	0,34	3,69	3,22	2,89	3,64	3,18	2,84
7	6-7	115	0,37	3,70	3,27	2,90	3,64	3,21	2,84
9	3-9	16	0,43	3,70	3,33	2,90	3,69	3,32	2,89

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok C									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
9	8-9	179	0,44	3,78	3,42	2,98	3,69	3,33	2,89
10	8-10	84	0,12	3,78	3,41	3,28	3,74	3,37	3,24
11	9-11	84	0,50	3,69	3,19	2,69	3,65	3,15	2,65
11	10-11	177	0,46	3,74	3,40	2,94	3,65	3,31	2,85
13	11-13	16	0,65	3,65	3,31	2,65	3,64	3,30	2,64
13	12-13	177	0,40	3,73	3,33	2,93	3,64	3,24	2,84
14	12-14	70	0,12	3,73	3,35	3,23	3,70	3,31	3,20
15	13-15	71	0,76	3,64	3,40	2,64	3,61	3,37	2,61
15	14-15	178	0,42	3,70	3,32	2,90	3,61	3,23	2,81
17	7-17	16	0,54	3,64	3,38	2,84	3,64	3,37	2,84
17	16-17	112	0,33	3,69	3,22	2,89	3,64	3,17	2,84
18	15-18	16	0,72	3,61	3,13	2,41	3,60	3,12	2,40
18	17-18	71	0,53	3,64	3,17	2,64	3,60	3,13	2,60
20	18-20	152	0,96	3,60	3,36	2,40	3,52	3,28	2,32
20	19-20	48	0,10	3,55	3,15	3,05	3,52	3,12	3,02
22	21-22	176	0,41	3,66	3,27	2,86	3,57	3,18	2,77
23	21-23	73	0,12	3,66	3,27	3,16	3,62	3,24	3,12
24	22-24	73	0,39	3,57	3,16	2,77	3,53	3,13	2,73
24	23-24	175	0,43	3,62	3,25	2,82	3,53	3,16	2,73
26	20-26	20	0,96	3,52	3,28	2,32	3,51	3,27	2,31
26	25-26	141	0,35	3,59	3,13	2,79	3,51	3,06	2,71

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok C									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
27	24-27	16	0,52	3,53	3,05	2,53	3,52	3,04	2,52
27	25-27	73	0,12	3,56	3,18	3,06	3,52	3,14	3,02
28	26-28	84	0,99	3,51	3,31	2,31	3,47	3,26	2,27
28	27-28	103	0,59	3,52	3,11	2,52	3,47	3,06	2,47
30	28-30	21	0,94	3,47	2,91	1,97	3,46	2,90	1,96
30	29-30	288	0,51	3,61	3,32	2,81	3,46	3,17	2,66
31	29-31	68	0,11	3,58	3,20	3,08	3,55	3,16	3,05
32	30-32	80	1,00	3,46	2,96	1,96	3,42	2,92	1,92
32	31-32	252	0,50	3,55	3,25	2,75	3,42	3,12	2,62
33	2-33	392	0,58	3,74	3,52	2,94	3,54	3,33	2,74
34	32-34	21	1,07	3,42	2,99	1,92	3,41	2,98	1,91
34	33-34	261	0,56	3,54	3,10	2,54	3,41	2,97	2,41
36	34-36	77	1,22	3,41	3,13	1,91	3,37	3,09	1,87
36	35-36	139	0,32	3,44	2,96	2,64	3,37	2,89	2,57
38	36-38	20	1,24	3,37	3,12	1,87	3,36	3,11	1,86
38	37-38	129	0,24	3,43	3,17	2,93	3,36	3,10	2,86
39	38-39	70	1,24	3,36	3,10	1,86	3,33	3,07	1,83
41	40-41	445	0,69	3,56	3,24	2,56	3,34	3,02	2,34

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok D									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
2	1-2	262	0,47	3,46	3,13	2,66	3,33	3,00	2,53
3	1-3	132	0,29	3,53	3,02	2,73	3,47	2,96	2,67
4	3-4	375	0,52	3,47	2,99	2,47	3,28	2,80	2,28
6	5-6	103	0,31	3,47	2,99	2,67	3,42	2,94	2,62
7	5-7	69	0,12	3,49	3,10	2,99	3,45	3,07	2,95
8	6-8	79	0,30	3,42	2,92	2,62	3,38	2,88	2,58
8	7-8	140	0,36	3,45	3,01	2,65	3,38	2,94	2,58
10	8-10	16	0,53	3,38	3,11	2,58	3,37	3,10	2,57
10	9-10	144	0,37	3,45	3,02	2,65	3,37	2,95	2,57
11	9-11	75	0,12	3,45	3,07	2,95	3,41	3,03	2,91
12	10-12	73	0,56	3,37	2,94	2,37	3,34	2,90	2,34
12	11-12	147	0,39	3,41	3,00	2,61	3,34	2,93	2,54
14	12-14	16	0,71	3,34	3,05	2,34	3,33	3,04	2,33
14	13-14	147	0,35	3,40	2,95	2,60	3,33	2,88	2,53
15	13-15	64	0,13	3,40	3,03	2,90	3,37	3,00	2,87
16	14-16	68	0,66	3,33	2,79	2,13	3,29	2,76	2,09
16	15-16	141	0,28	3,37	2,85	2,57	3,29	2,78	2,49
18	16-18	16	0,73	3,29	2,82	2,09	3,29	2,81	2,09
18	17-18	105	0,22	3,34	2,76	2,54	3,29	2,70	2,49
19	18-19	74	0,76	3,29	2,85	2,09	3,25	2,81	2,05
22	20-22	246	0,23	3,69	3,13	2,89	3,57	3,00	2,77

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok D									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
22	21-22	64	0,50	3,60	3,30	2,80	3,57	3,27	2,77
24	22-24	16	0,49	3,57	3,26	2,77	3,56	3,25	2,76
24	23-24	74	0,31	3,60	3,11	2,80	3,56	3,07	2,76
26	24-26	113	0,50	3,56	3,06	2,56	3,50	3,00	2,50
26	25-26	84	0,33	3,55	3,08	2,75	3,50	3,03	2,70
28	26-28	16	0,59	3,50	3,09	2,50	3,50	3,09	2,50
28	27-28	92	0,34	3,54	3,08	2,74	3,50	3,03	2,70
29	4-29	74	0,51	3,28	2,79	2,28	3,24	2,75	2,24
29	28-29	508	0,68	3,50	2,98	2,30	3,24	2,72	2,04
31	29-31	16	0,88	3,24	2,92	2,04	3,23	2,91	2,03
31	30-31	64	0,11	3,27	2,88	2,77	3,23	2,85	2,73
32	31-32	68	0,88	3,23	2,91	2,03	3,20	2,88	2,00
Blok E									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
3	2-3	208	0,47	3,60	3,26	2,80	3,49	3,16	2,69
4	3-4	180	0,50	3,49	2,99	2,49	3,40	2,90	2,40
5	2-5	293	0,50	3,54	3,24	2,74	3,40	3,10	2,60
7	6-7	273	0,47	3,53	3,20	2,73	3,40	3,06	2,60
8	6-8	82	0,12	3,51	3,14	3,01	3,47	3,10	2,97

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok E									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
9	7-9	72	0,45	3,40	3,05	2,60	3,36	3,01	2,56
9	8-9	226	0,50	3,47	3,17	2,67	3,36	3,06	2,56
10	5-10	92	0,59	3,40	3,19	2,60	3,35	3,15	2,55
10	9-10	16	0,58	3,36	2,94	2,36	3,35	2,93	2,35
12	11-12	80	0,12	3,52	3,14	3,02	3,48	3,10	2,98
13	12-13	151	0,42	3,48	3,10	2,68	3,40	3,03	2,60
14	11-14	197	0,38	3,47	3,04	2,67	3,37	2,95	2,57
14	13-14	70	0,40	3,40	3,01	2,60	3,37	2,97	2,57
15	4-15	90	0,55	3,40	2,96	2,40	3,36	2,91	2,36
15	14-15	16	0,51	3,37	2,87	2,37	3,36	2,87	2,36
16	1-16	751	0,52	3,70	3,42	2,90	3,32	3,05	2,52
16	15-16	71	0,67	3,36	2,83	2,16	3,32	2,80	2,12
17	10-17	71	0,71	3,35	2,86	2,15	3,32	2,83	2,12
17	16-17	16	0,74	3,32	2,86	2,12	3,32	2,85	2,12
19	17-19	160	0,87	3,32	2,69	1,82	3,24	2,61	1,74
19	18-19	267	0,45	3,37	3,02	2,57	3,24	2,89	2,44
21	19-21	16	0,94	3,24	2,67	1,74	3,23	2,66	1,73
21	20-21	268	0,45	3,36	3,01	2,56	3,23	2,88	2,43
22	21-22	84	1,01	3,23	2,73	1,73	3,19	2,69	1,69

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

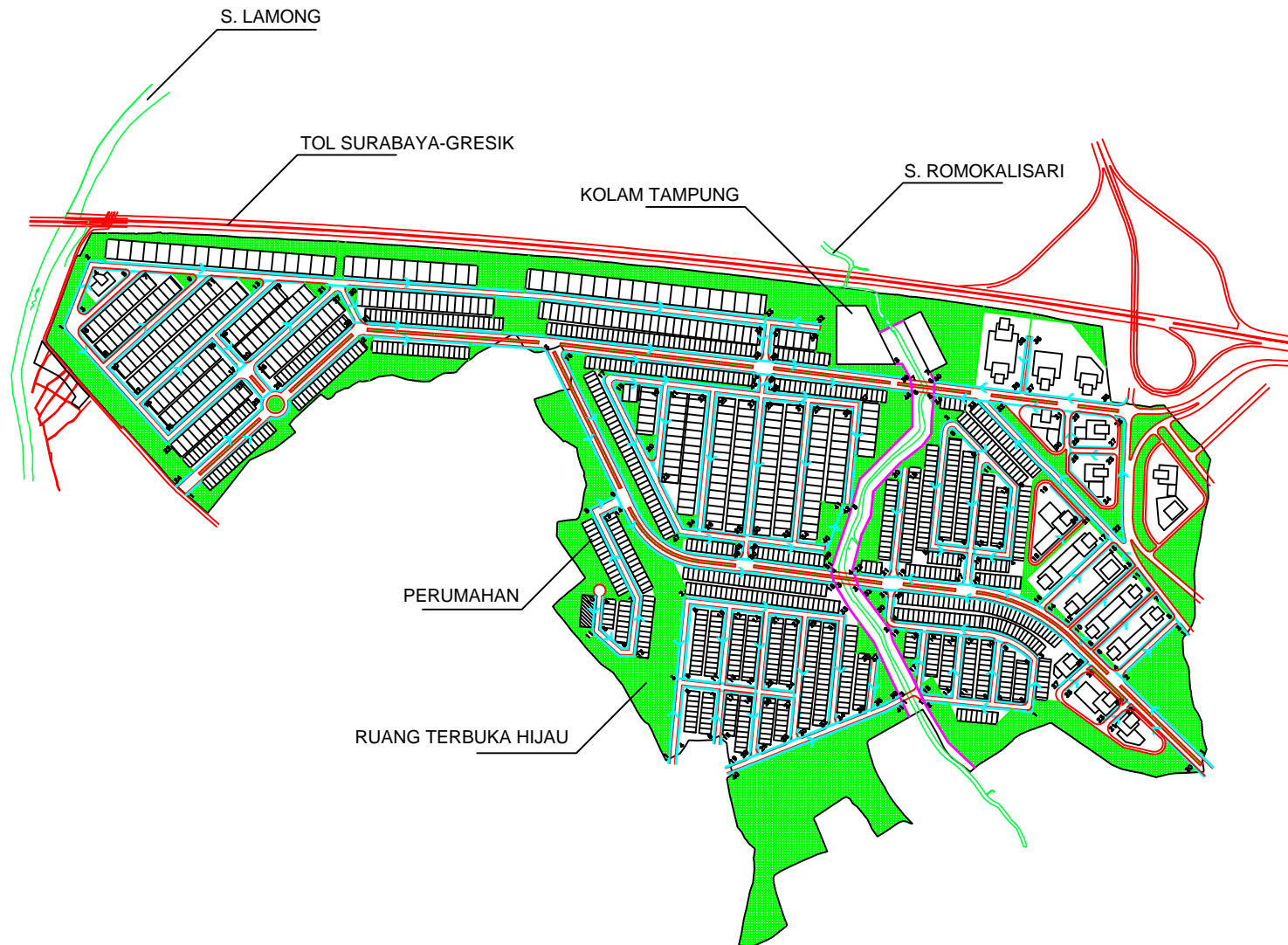
Blok F									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
3	1-3	36	0,06	3,41	2,67	2,61	3,39	2,65	2,59
3	2-3	189	0,30	3,49	2,98	2,69	3,39	2,89	2,59
5	3-5	16	0,30	3,39	2,89	2,59	3,38	2,88	2,58
5	4-5	192	0,26	3,48	2,94	2,68	3,38	2,85	2,58
7	5-7	69	0,34	3,38	2,92	2,58	3,35	2,89	2,55
7	6-7	202	0,45	3,45	3,10	2,65	3,35	3,00	2,55
9	7-9	10	0,59	3,35	3,14	2,55	3,35	3,13	2,55
9	8-9	203	0,44	3,45	3,08	2,65	3,35	2,98	2,55
11	9-11	61	0,63	3,35	2,97	2,35	3,31	2,94	2,31
11	10-11	213	0,25	3,42	2,87	2,62	3,31	2,76	2,51
13	11-13	10	0,70	3,31	3,01	2,31	3,31	3,01	2,31
13	12-13	215	0,32	3,42	2,93	2,62	3,31	2,83	2,51
15	13-15	71	0,77	3,31	3,08	2,31	3,27	3,04	2,27
15	14-15	230	0,47	3,39	3,06	2,59	3,27	2,94	2,47
17	15-17	16	0,76	3,27	2,83	2,07	3,27	2,82	2,07
17	16-17	236	0,59	3,38	3,18	2,58	3,27	3,06	2,47
20	18-20	147	0,47	3,31	2,98	2,51	3,24	2,91	2,44
20	19-20	108	0,30	3,29	2,79	2,49	3,24	2,74	2,44
21	17-21	75	0,89	3,27	2,96	2,07	3,23	2,92	2,03
21	20-21	14	0,60	3,24	3,03	2,44	3,23	3,03	2,43
23	22-23	308	0,20	3,36	2,76	2,56	3,20	2,61	2,40

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Blok F									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
26	24-26	153	0,34	3,27	2,82	2,47	3,20	2,74	2,40
26	25-26	101	0,37	3,25	2,82	2,45	3,20	2,77	2,40
28	26-28	16	0,46	3,20	2,85	2,40	3,19	2,85	2,39
28	27-28	102	0,20	3,24	2,64	2,44	3,19	2,59	2,39
29	23-29	112	0,23	3,20	2,64	2,40	3,15	2,58	2,35
29	28-29	82	0,54	3,19	2,73	2,19	3,15	2,69	2,15
31	29-31	16	0,58	3,15	2,73	2,15	3,14	2,72	2,14
31	30-31	80	0,34	3,18	2,72	2,38	3,14	2,68	2,34
32	22-32	470	0,26	3,28	2,75	2,48	3,05	2,51	2,25
32	31-32	180	0,68	3,14	2,82	2,14	3,05	2,73	2,05
33	21-33	383	0,79	3,23	2,52	1,73	3,04	2,33	1,54
33	32-33	25	0,64	3,05	2,49	1,85	3,04	2,48	1,84
34	33-34	102	1,06	3,04	2,60	1,54	2,99	2,55	1,49
37	35-37	253	0,48	3,21	2,69	2,21	3,08	2,56	2,08
37	36-37	136	0,55	3,15	2,70	2,15	3,08	2,63	2,08
39	37-39	10	0,67	3,08	2,55	1,88	3,08	2,54	1,88
39	38-39	135	0,62	3,15	2,77	2,15	3,08	2,70	2,08
40	39-40	208	0,89	3,08	2,77	1,88	2,97	2,66	1,77

Tabel 8. Elevasi Muka Tanah (mt), Elevasi Muka Air (ma), dan Elevasi Dasar Saluran (ds) (lanjutan)

Saluran Utama 1									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
2	1-2	18	0,26	3,34	1,59	1,34	3,33	1,59	1,33
3	2-3	316	0,64	3,33	1,97	1,33	3,20	1,84	1,20
4	3-4	34	0,78	3,20	1,98	1,20	3,19	1,97	1,19
5	4-5	162	0,83	3,19	2,02	1,19	3,12	1,95	1,12
6	5-6	331	1,02	3,12	2,14	1,12	2,99	2,01	0,99
7	6-7	33	1,07	2,99	2,06	0,99	2,98	2,05	0,98
8	7-8	37	1,56	2,98	2,54	0,98	2,96	2,52	0,96
Saluran Utama 2									
Titik	Saluran	L (m)	hn (m)	Elevasi Hulu (m)			Elevasi Hilir (m)		
Kontrol				mt	ma	ds	mt	ma	ds
2	1-2	197	0,19	3,33	1,52	1,33	3,25	1,44	1,25
3	2-3	124	0,45	3,25	1,70	1,25	3,20	1,65	1,20
4	3-4	35	0,76	3,20	1,96	1,20	3,19	1,95	1,19
5	4-5	499	1,10	3,19	2,29	1,19	2,99	2,09	0,99
6	5-6	31	1,47	2,99	2,46	0,99	2,97	2,44	0,97
7	6-7	32	1,60	2,97	2,58	0,97	2,96	2,57	0,96



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SITE PLAN KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO

SKALA

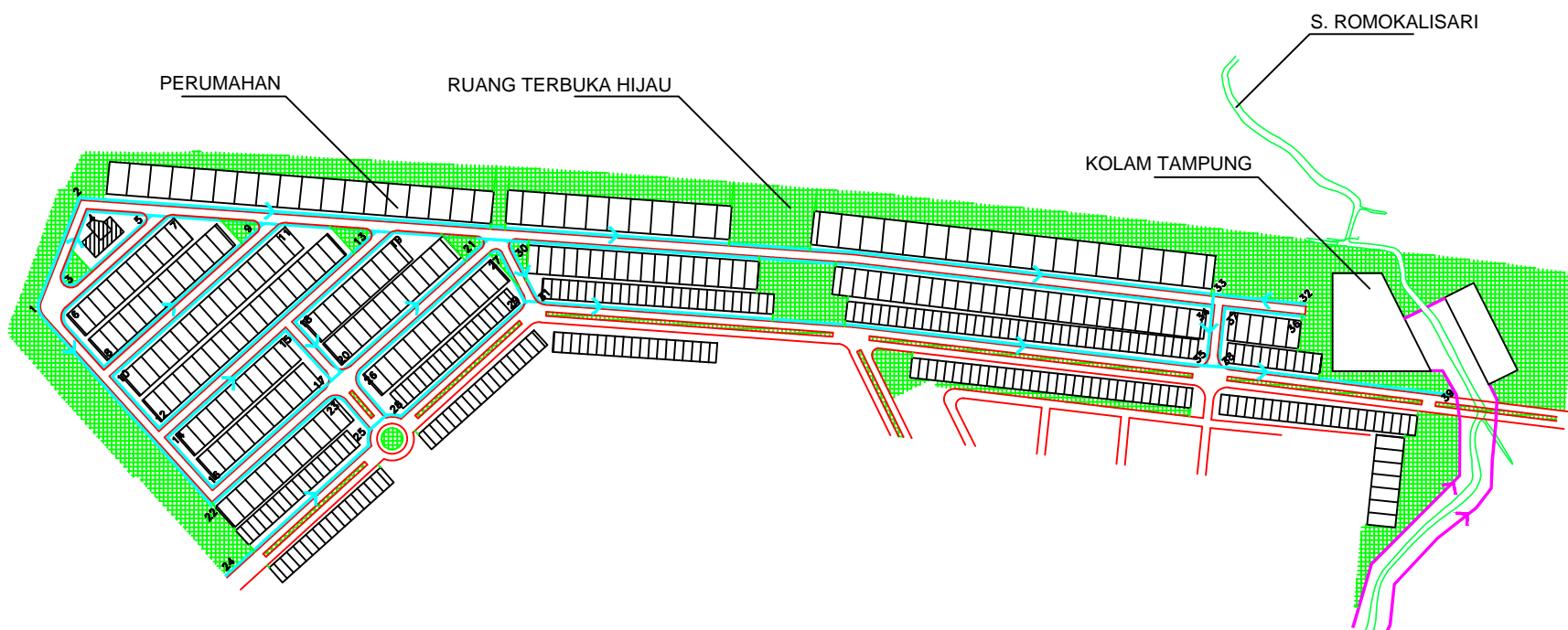
1:16000

NOMOR GAMBAR

1

JUMLAH GAMBAR

29



KETERANGAN:
SALURAN CABANG
SALURAN UTAMA



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

RENCANA JARINGAN
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO -
BLOK A

SKALA

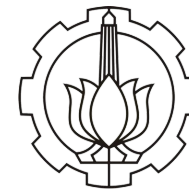
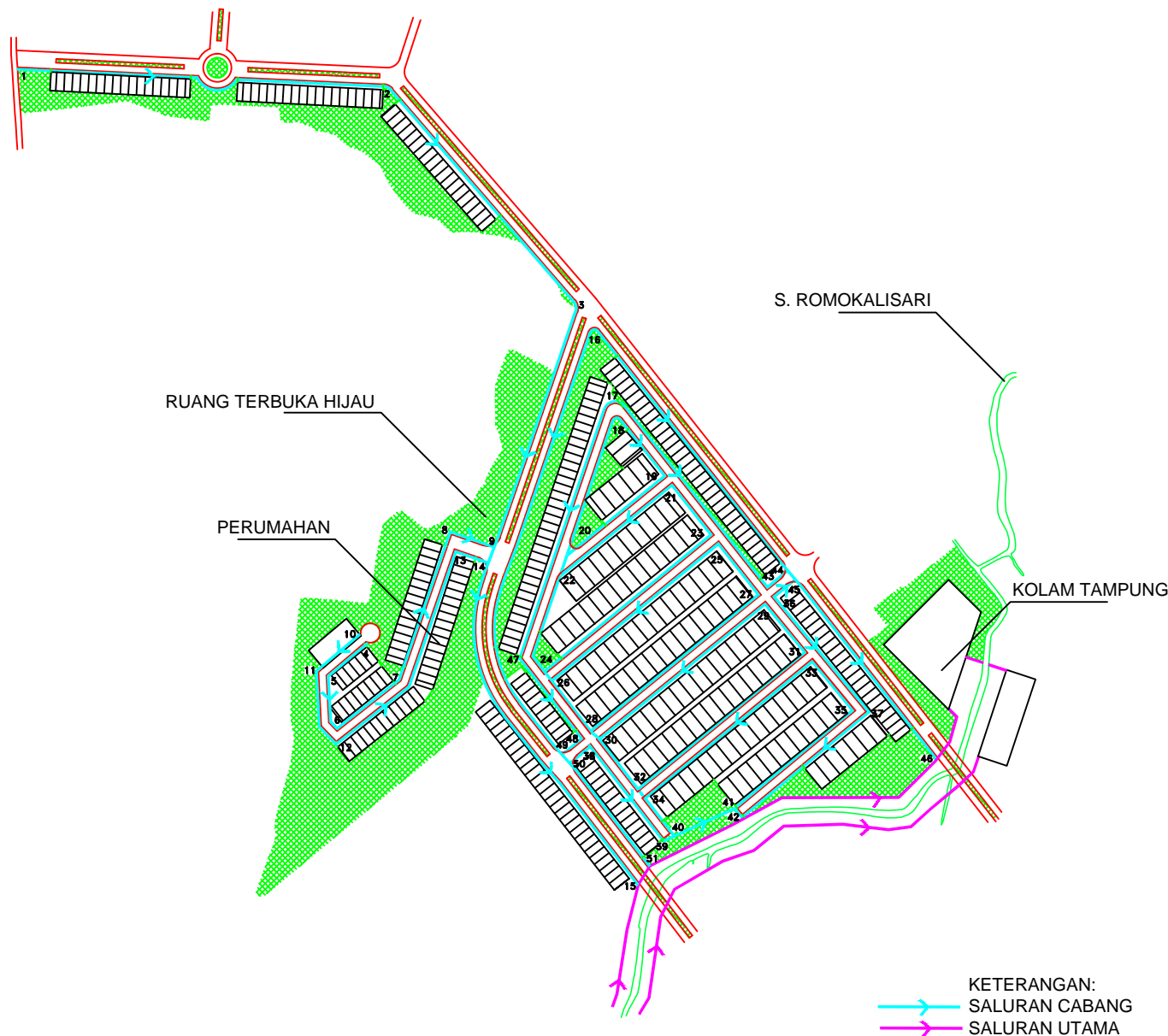
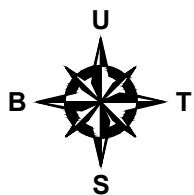
1:10000

NOMOR GAMBAR

2

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

RENCANA JARINGAN
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO -
BLOK B

SKALA

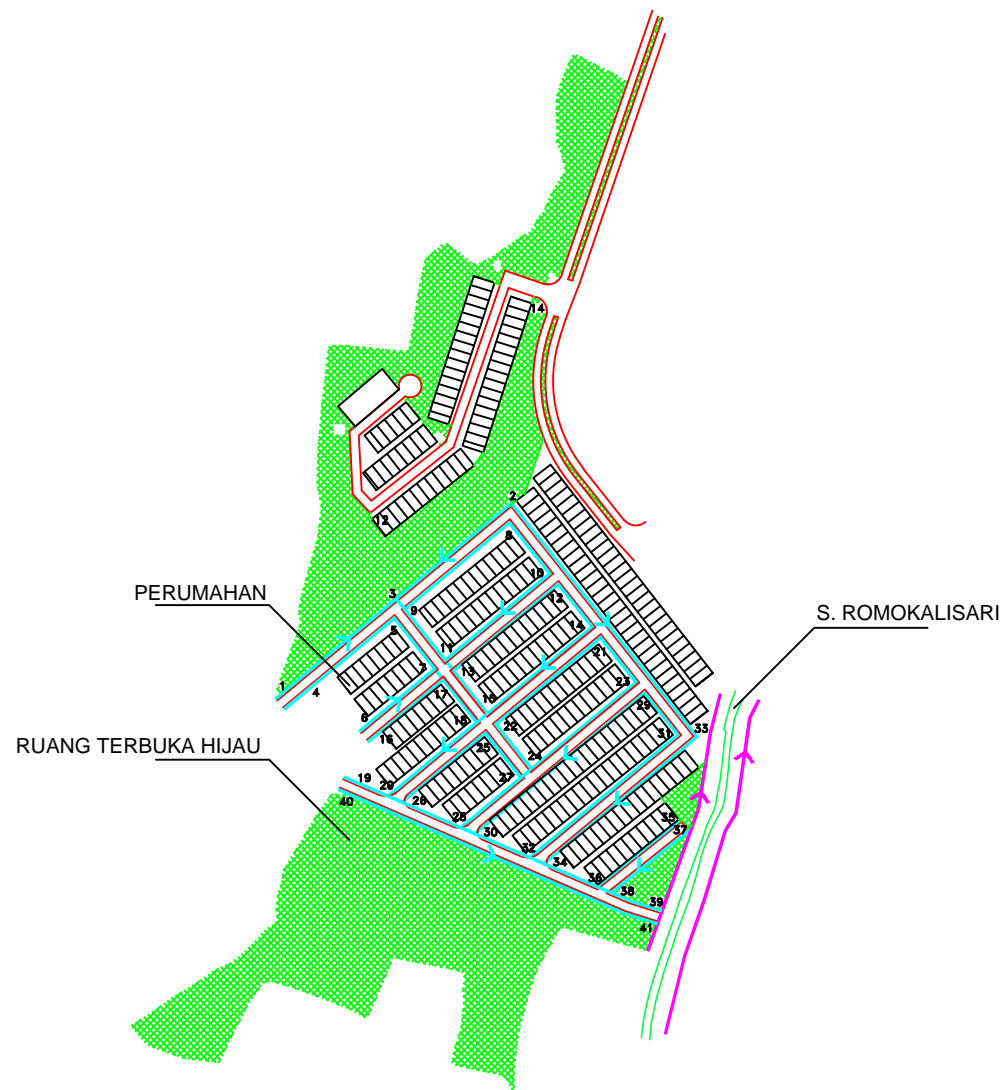
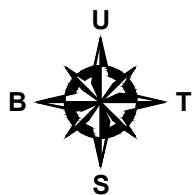
1:10000

NOMOR GAMBAR

3

JUMLAH GAMBAR

29



KETERANGAN:
— SALURAN CABANG
— SALURAN UTAMA



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

RENCANA JARINGAN
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO -
BLOK C

SKALA

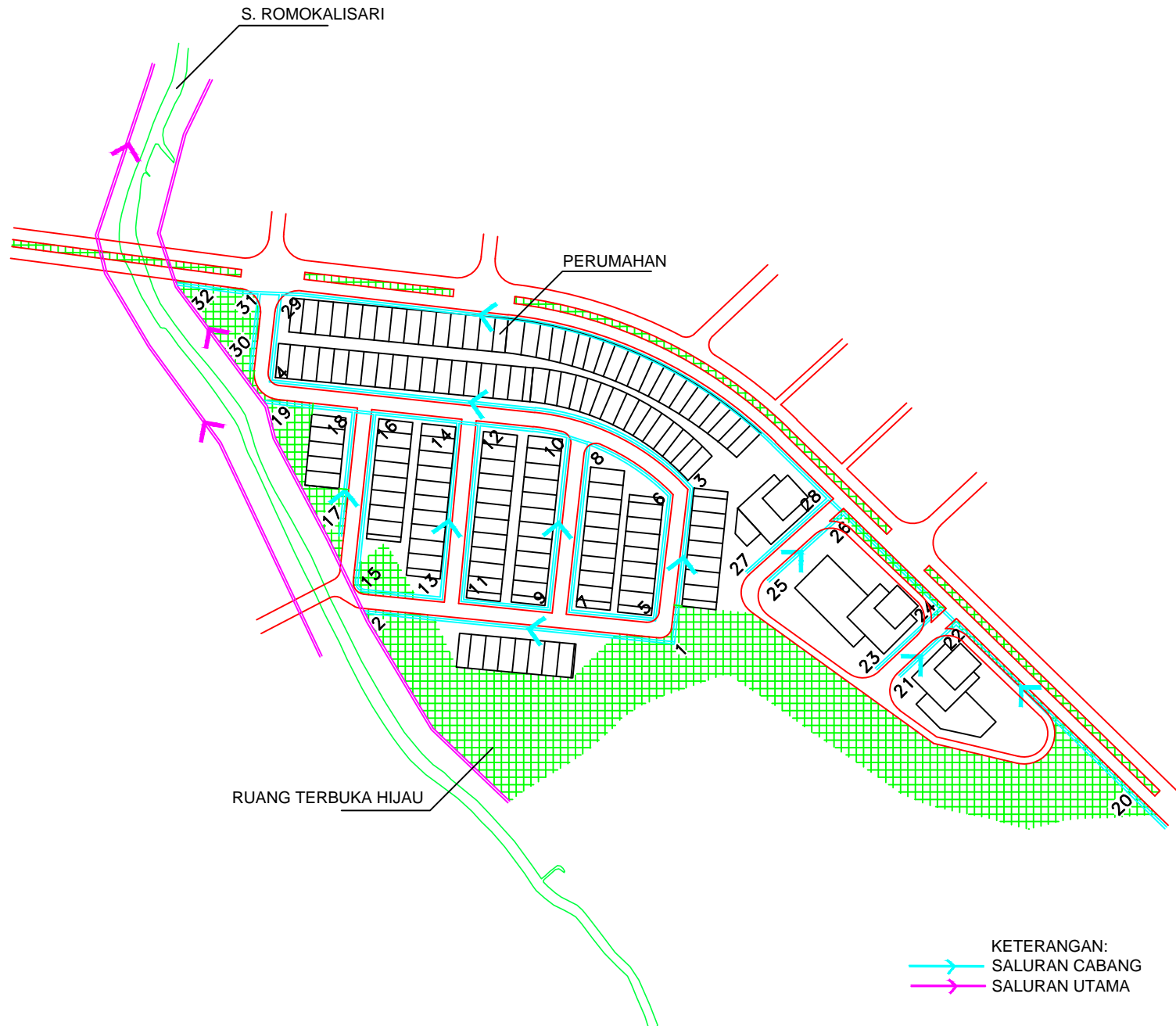
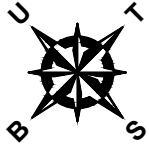
1:10000

NOMOR GAMBAR

4

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

RENCANA JARINGAN
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO -
BLOK D

SKALA

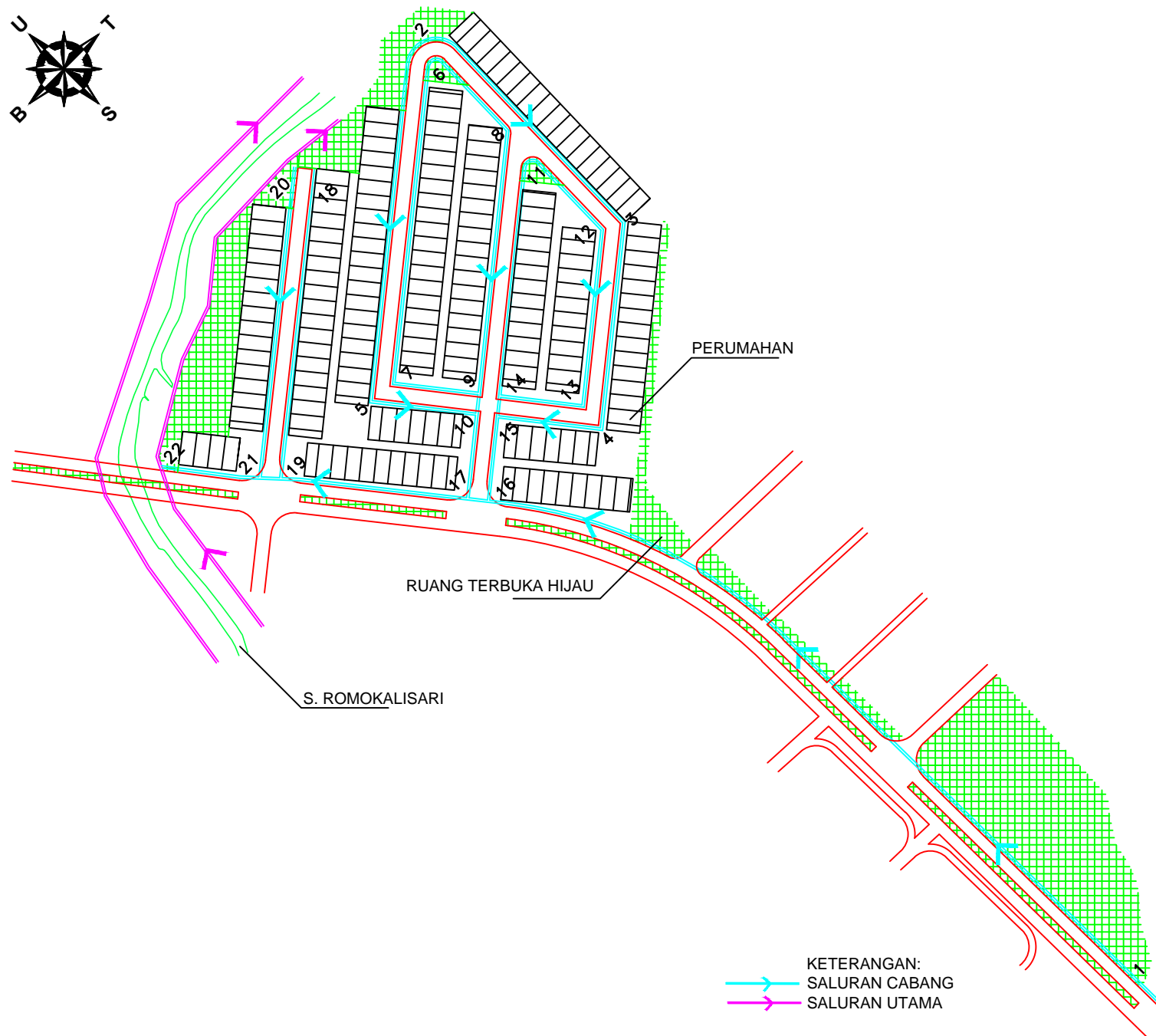
1:5000

NOMOR GAMBAR

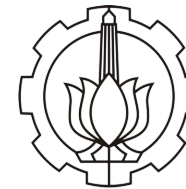
5

JUMLAH GAMBAR

29



KETERANGAN:
→ SALURAN CABANG
→ SALURAN UTAMA



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

RENCANA JARINGAN
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO -
BLOK E

SKALA

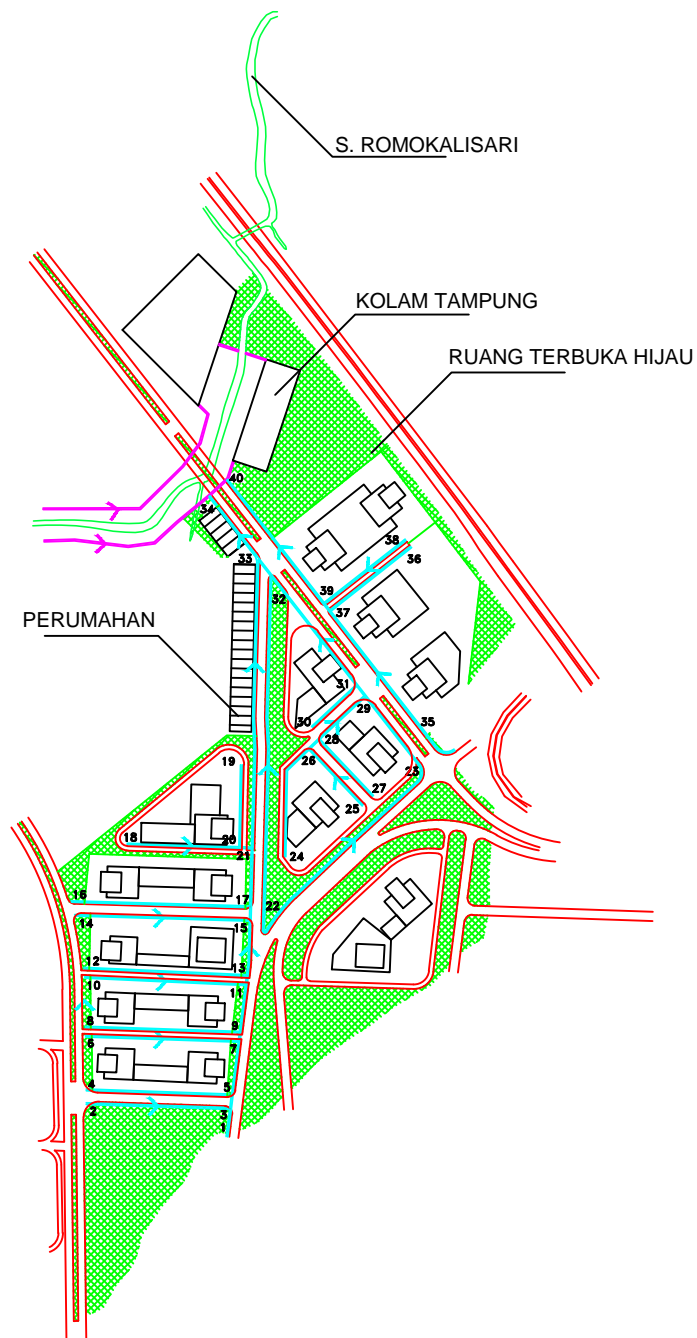
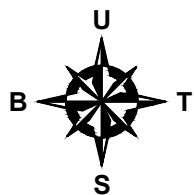
1:5000

NOMOR GAMBAR

6

JUMLAH GAMBAR

29



KETERANGAN:
→ SALURAN CABANG
→ SALURAN UTAMA



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

RENCANA JARINGAN
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN BENOWO -
BLOK F

SKALA

1:10000

NOMOR GAMBAR

7

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK A

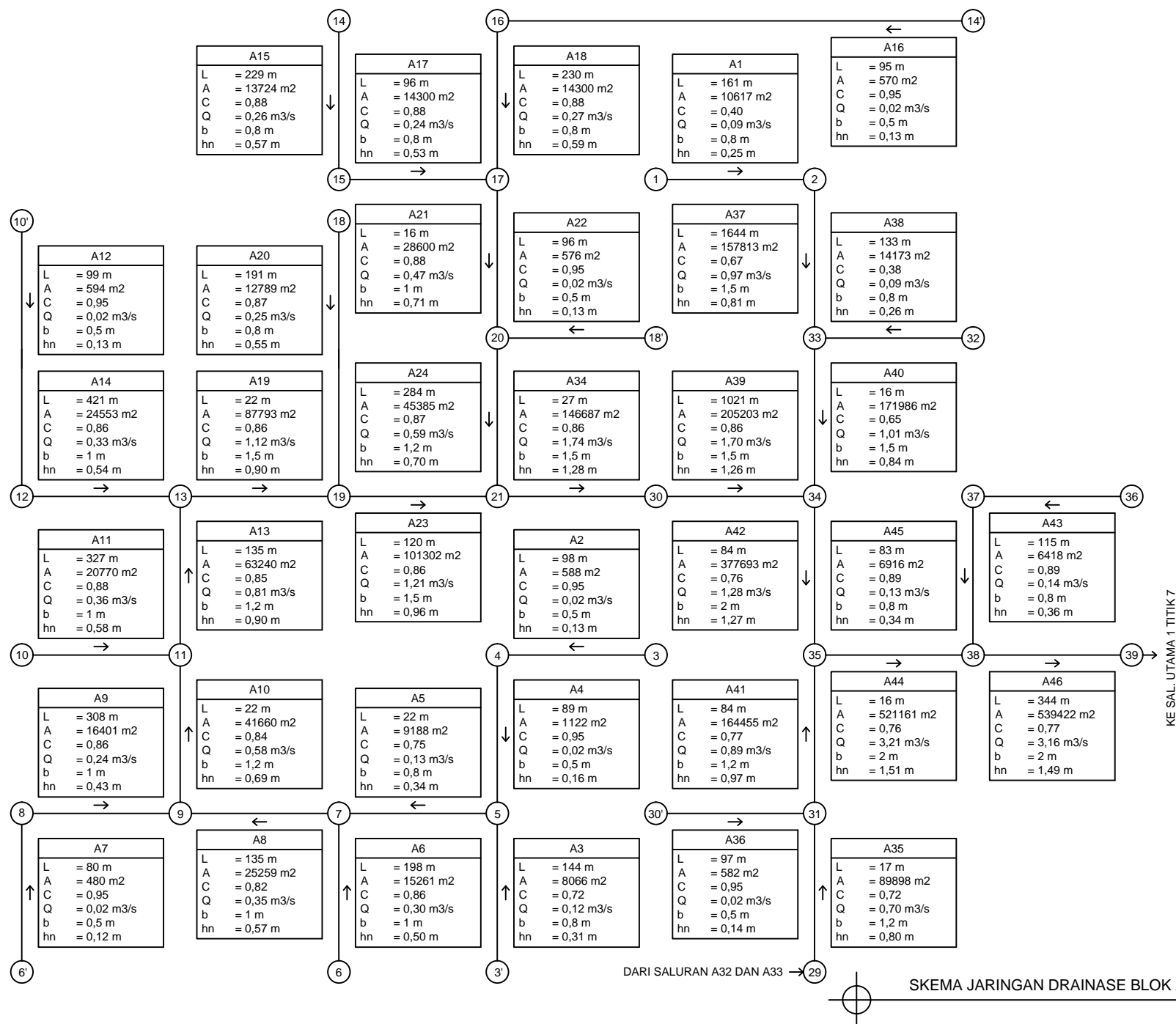
SKALA

NOMOR GAMBAR

8

JUMLAH GAMBAR

29



SKEMA JARINGAN DRAINASE BLOK A



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK A

SKALA

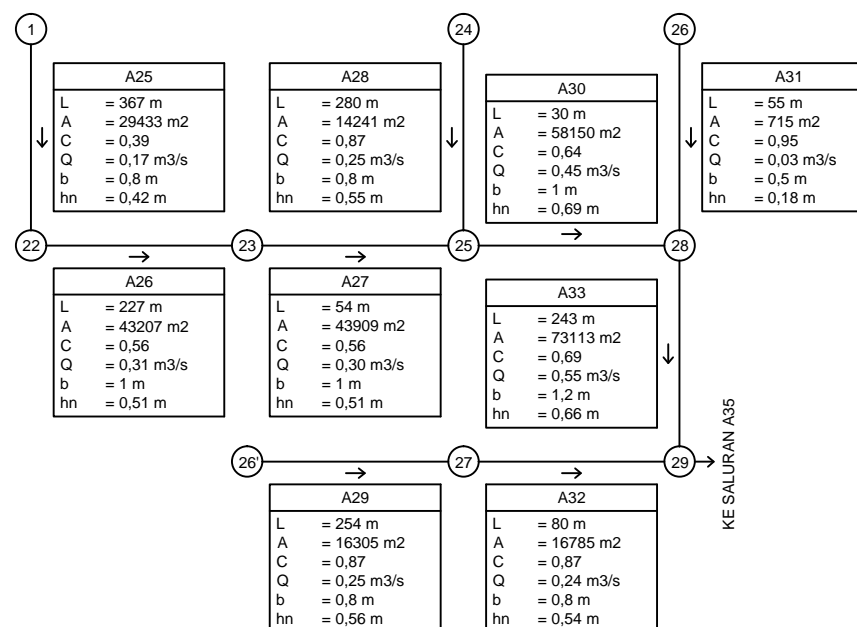
-

NOMOR GAMBAR

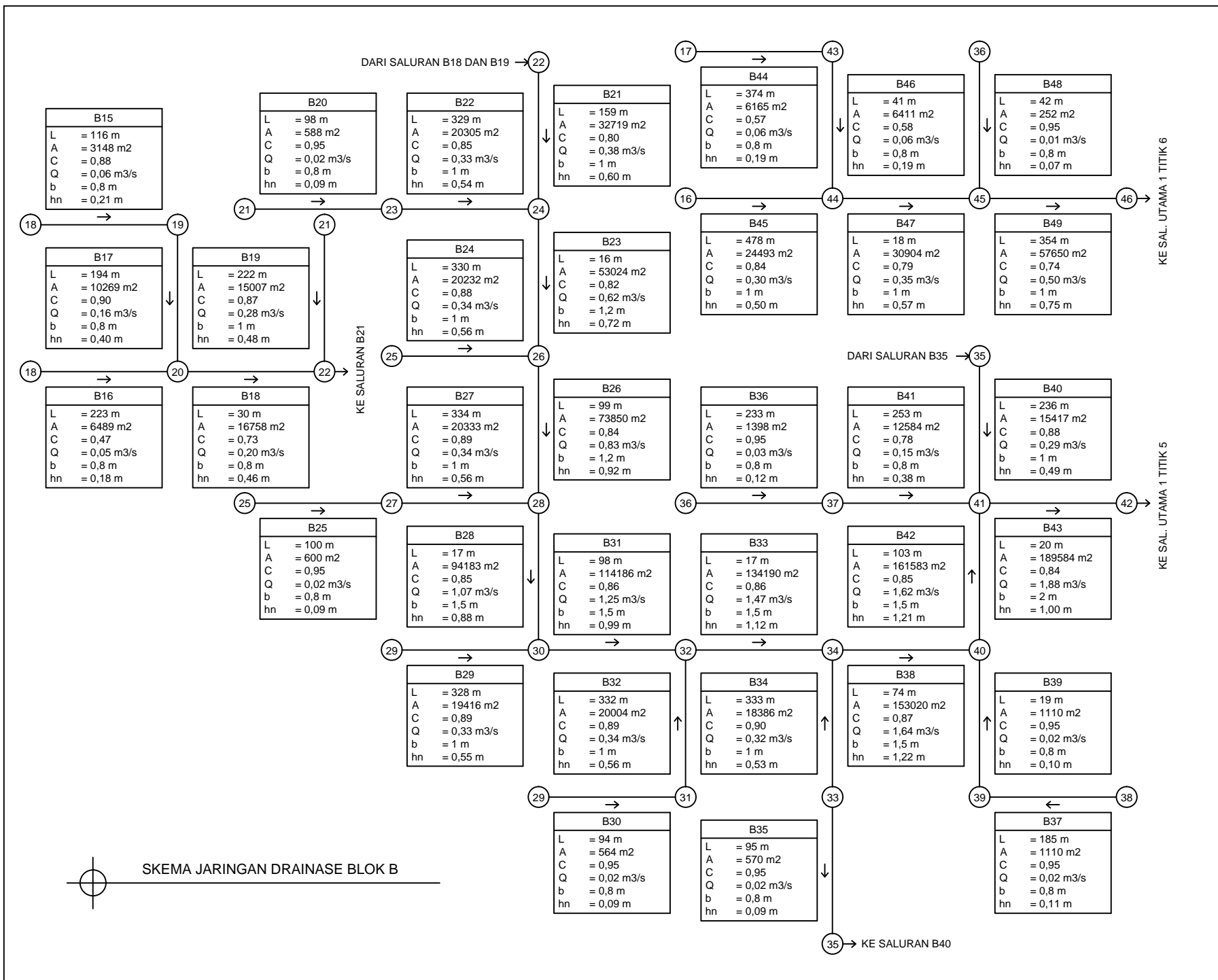
9

JUMLAH GAMBAR

29



SKEMA JARINGAN DRAINASE BLOK A



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK B

SKALA

NOMOR GAMBAR

10

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK B

SKALA

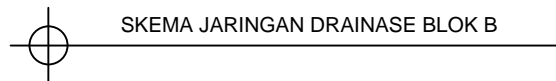
-

NOMOR GAMBAR

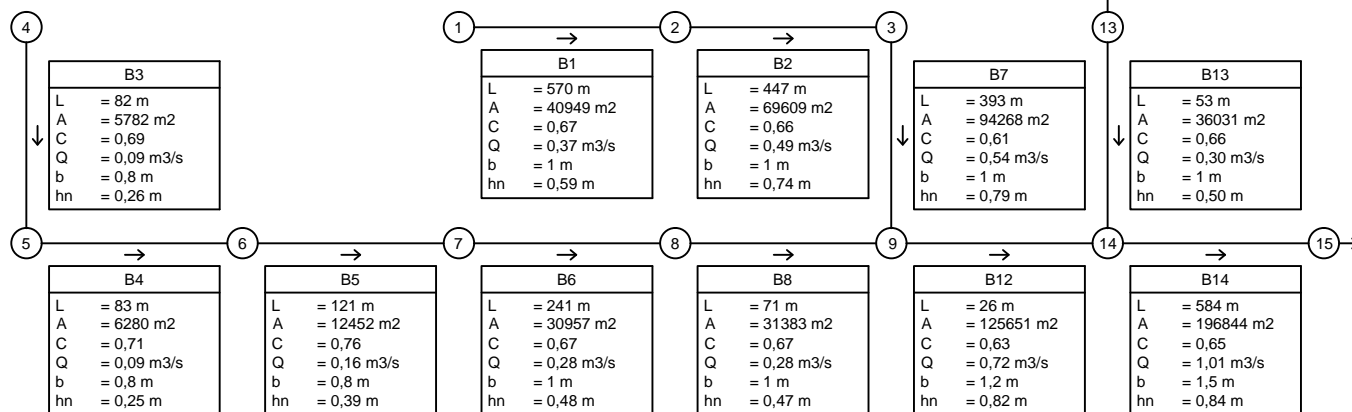
11

JUMLAH GAMBAR

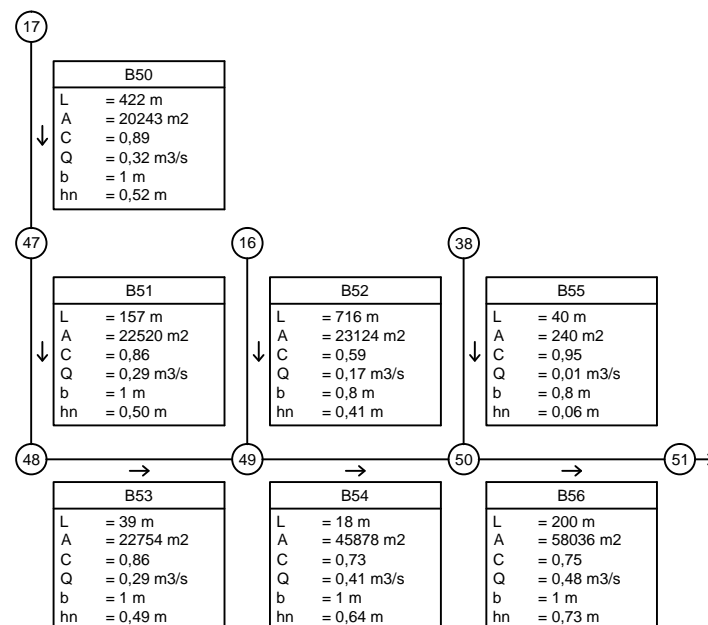
29



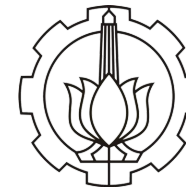
SKEMA JARINGAN DRAINASE BLOK B



KE SAL. UTAMA 1 TITIK 3



KE SAL. UTAMA 1 TITIK 4



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK C

SKALA

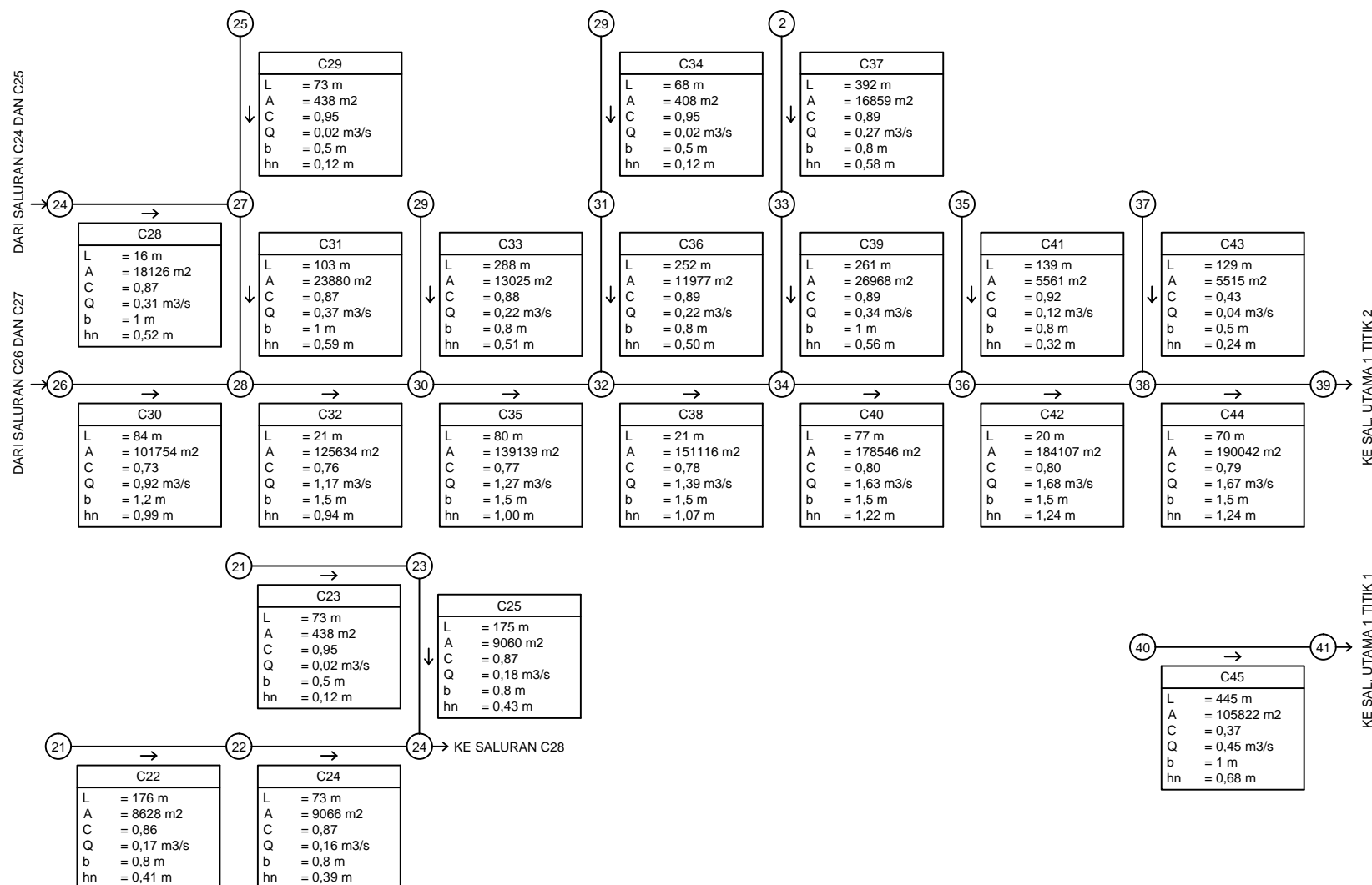
-

NOMOR GAMBAR

12

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK C

SKALA

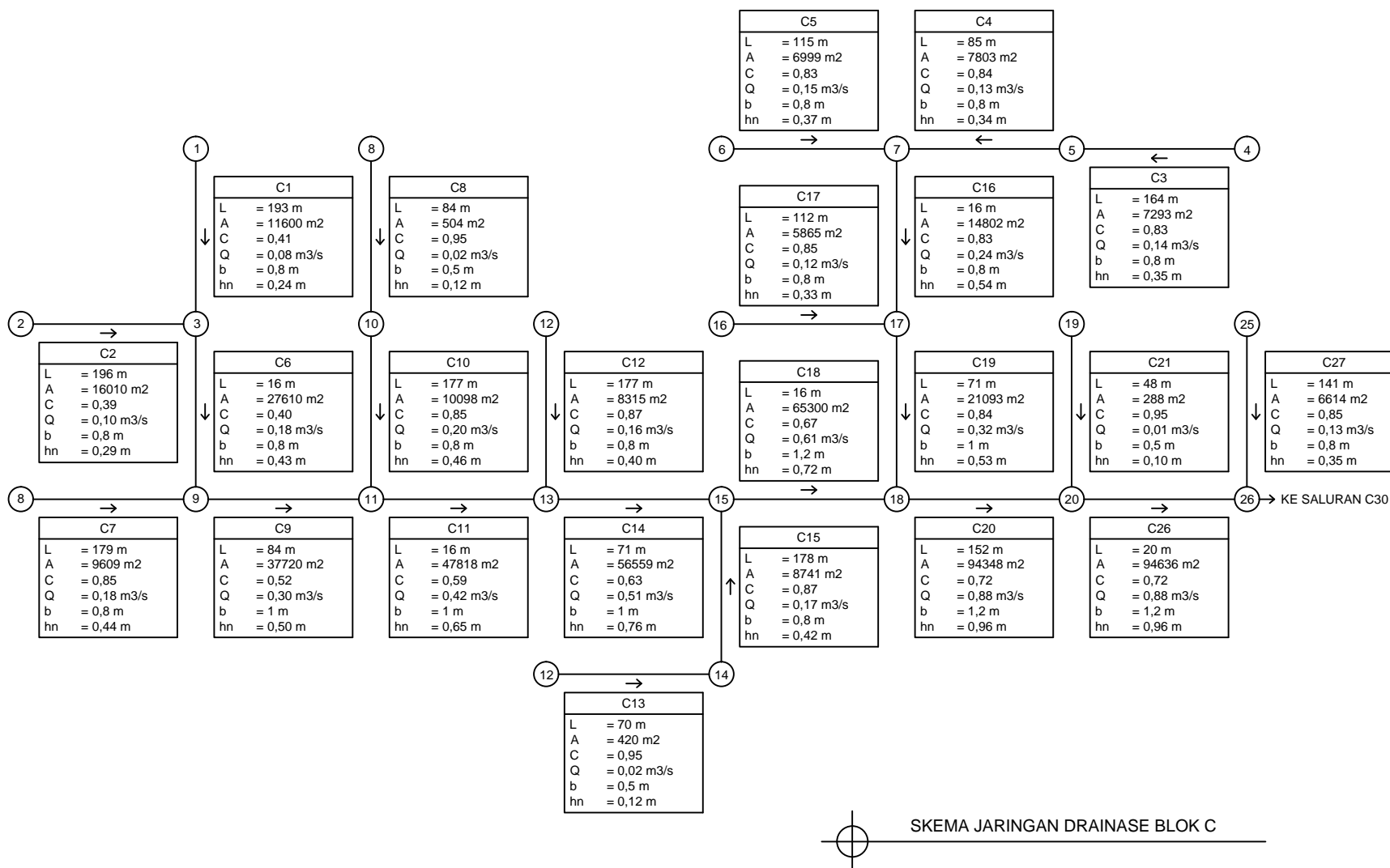
-

NOMOR GAMBAR

13

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK D

SKALA

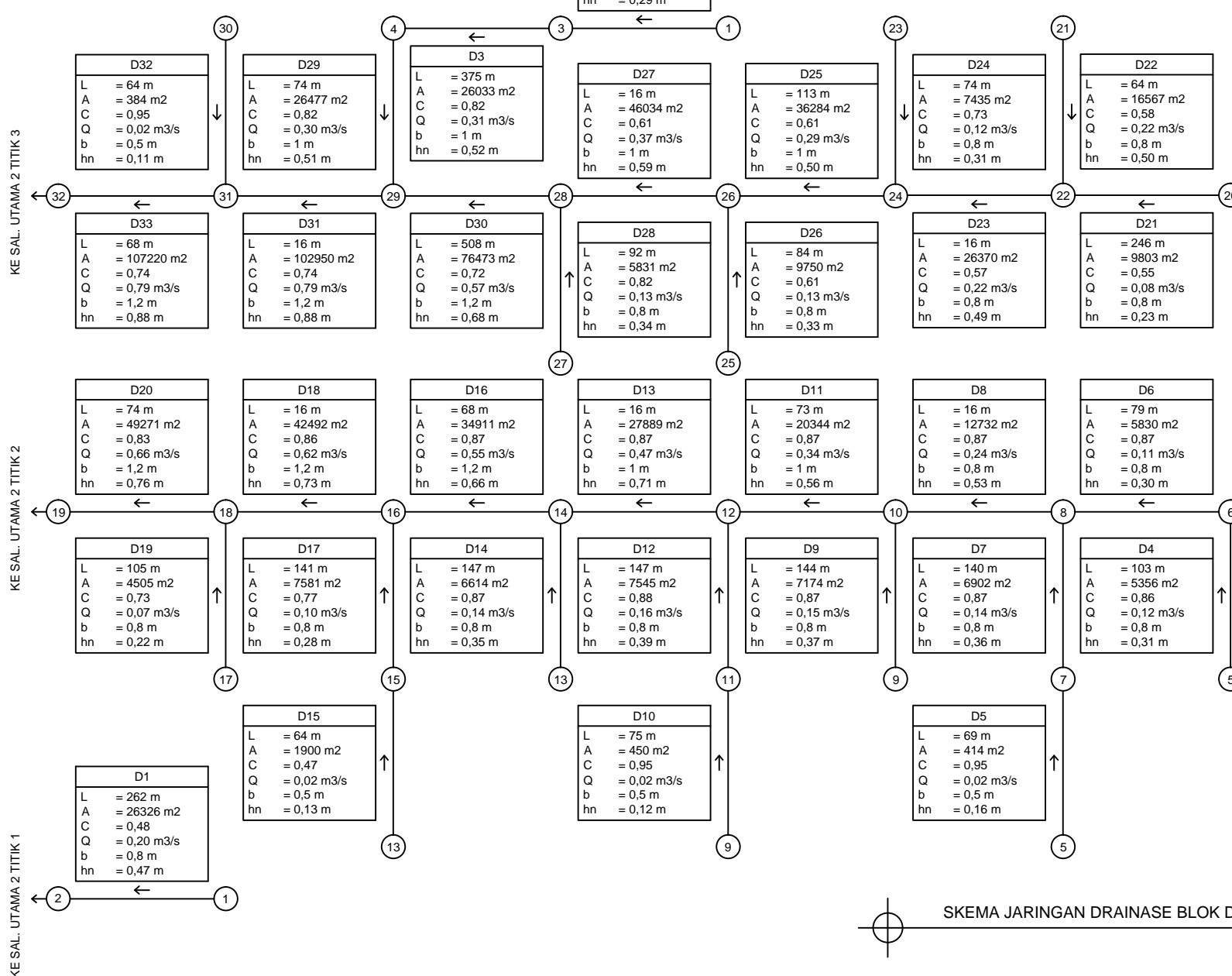
-

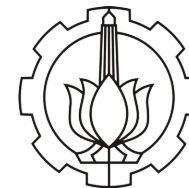
NOMOR GAMBAR

14

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK E

SKALA

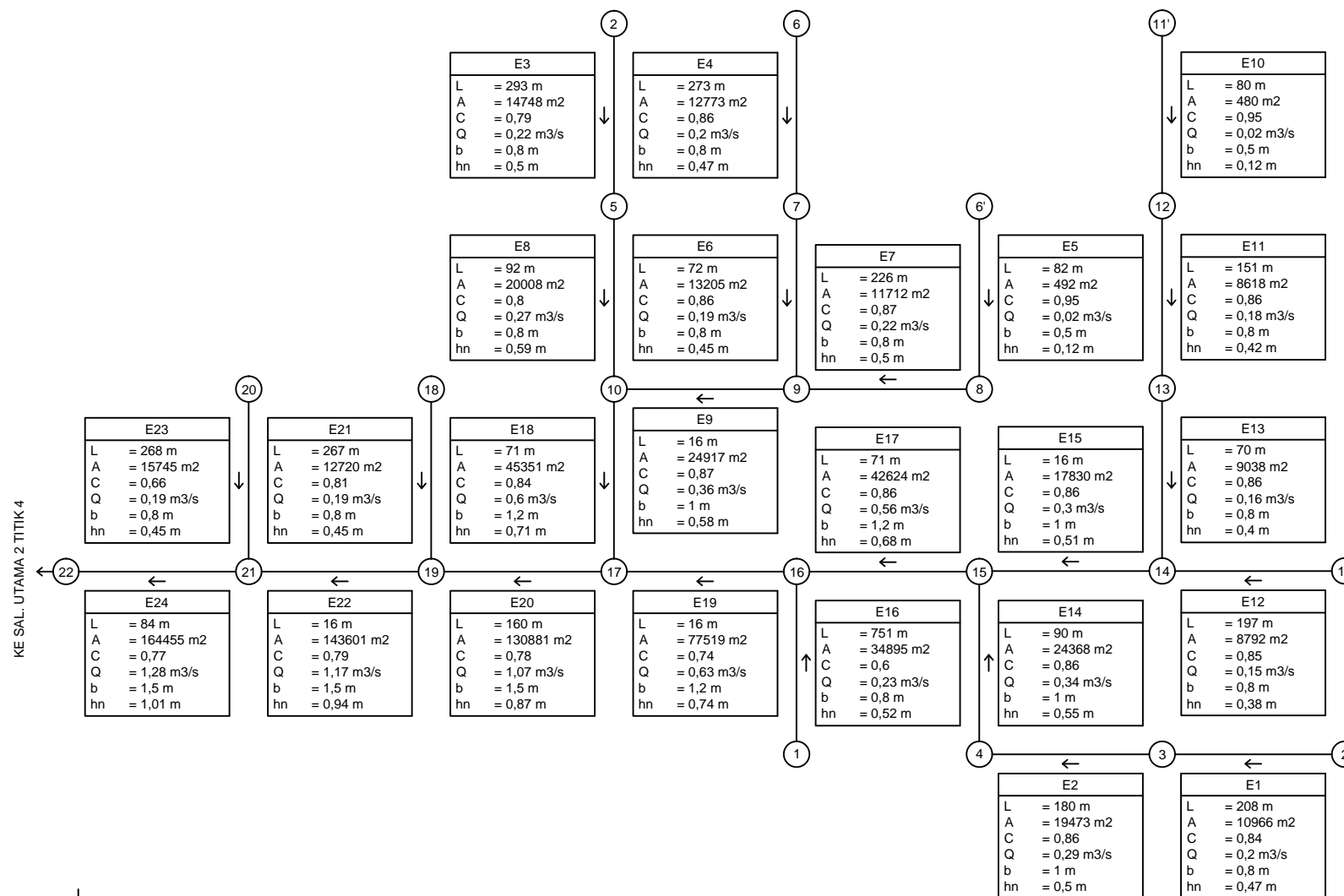
-

NOMOR GAMBAR

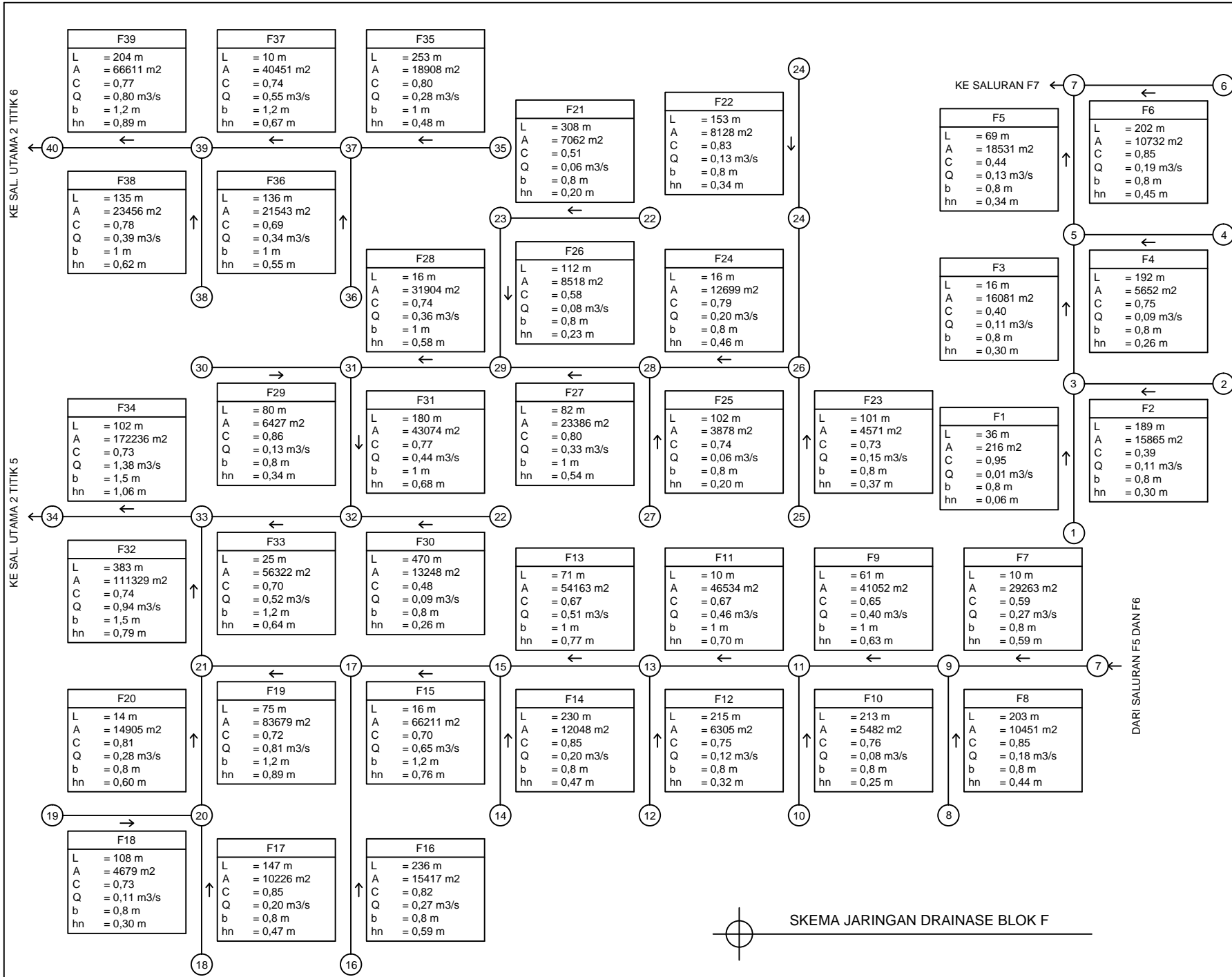
15

JUMLAH GAMBAR

29



SKEMA JARINGAN DRAINASE BLOK E



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
BLOK F

SKALA

-

NOMOR GAMBAR

16

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
SALURAN UTAMA 1

SKALA

-

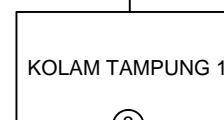
NOMOR GAMBAR

17

JUMLAH GAMBAR

29

KE S. ROMOKALISARI



8

P1.7	
L	= 37 m
A	= 1337400 m ²
C	= 0,73
Q	= 7,59 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

7

P1.6	
L	= 33 m
A	= 797978 m ²
C	= 0,70
Q	= 4,40 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

6

5

4

3

2

1

P1.1	
L	= 18 m
A	= 105822 m ²
C	= 0,36
Q	= 0,49 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

P1.2	
L	= 316 m
A	= 295864 m ²
C	= 0,64
Q	= 2,04 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

P1.3	
L	= 34 m
A	= 492708 m ²
C	= 0,64
Q	= 2,76 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

P1.4	
L	= 162 m
A	= 550744 m ²
C	= 0,65
Q	= 3,02 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

P1.5	
L	= 331 m
A	= 740328 m ²
C	= 0,70
Q	= 4,09 m ³ /s
b	= 5 m
hsal	= 2 m

SKEMA JARINGAN DRAINASE SAL. UTAMA 1





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE
SALURAN UTAMA 2

SKALA

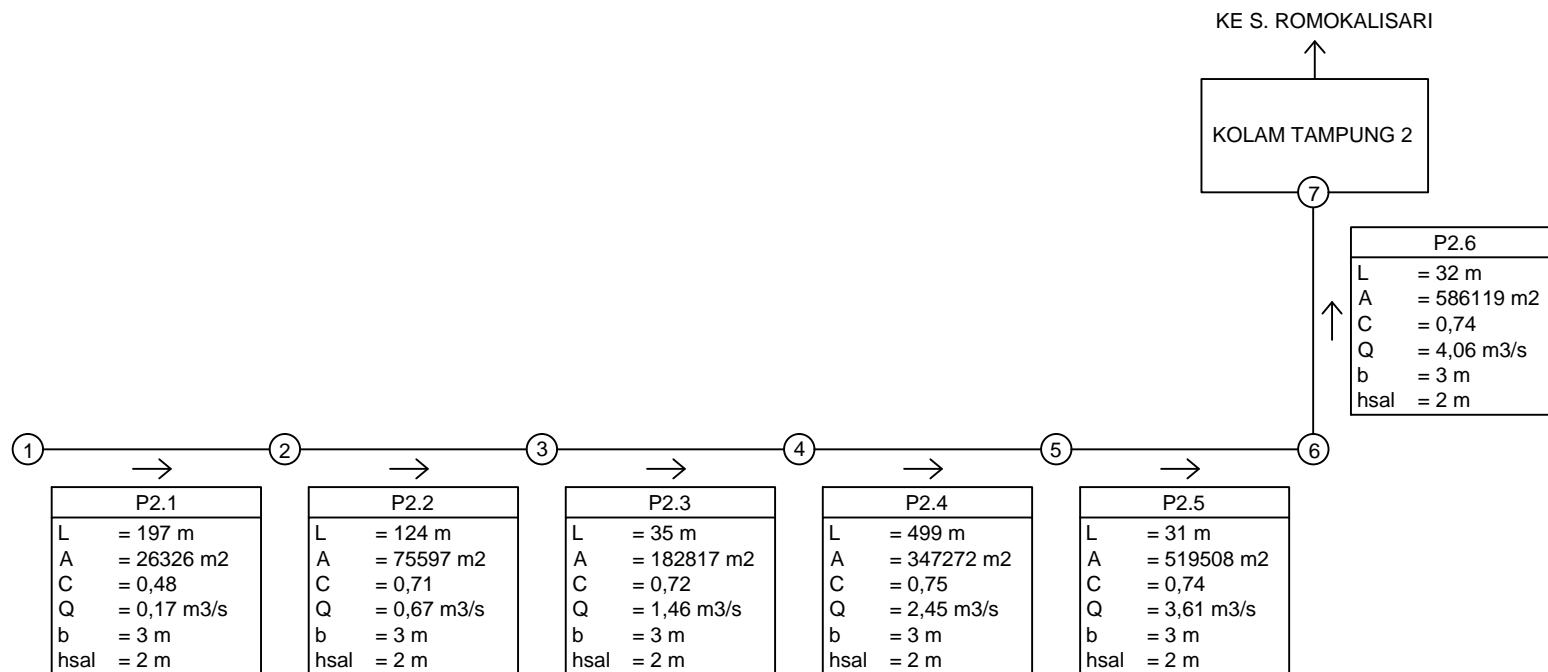
-

NOMOR GAMBAR

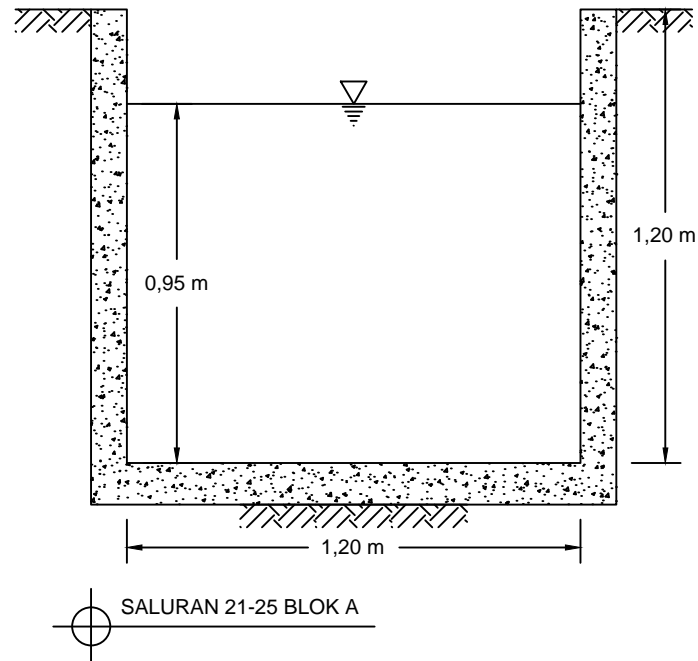
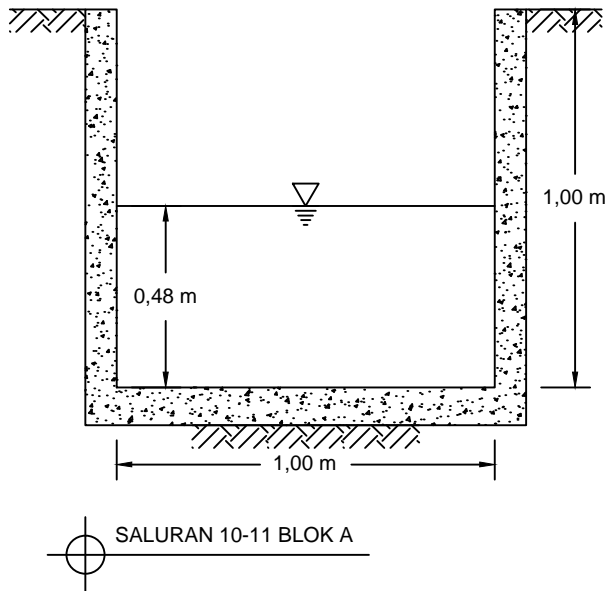
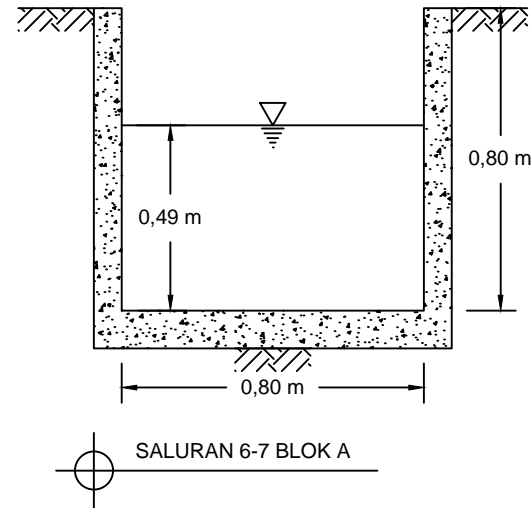
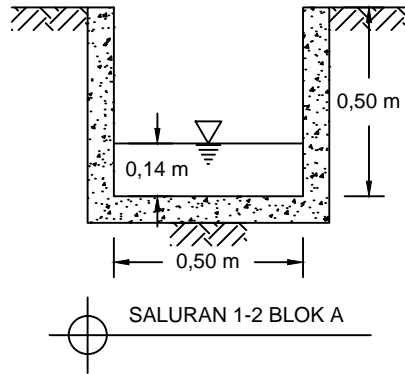
18

JUMLAH GAMBAR

29



SKEMA JARINGAN DRAINASE SAL. UTAMA 2



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
SALURAN CABANG (1)

SKALA

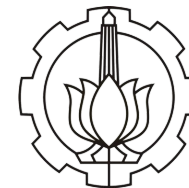
1:20

NOMOR GAMBAR

19

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
SALURAN CABANG (2)

SKALA

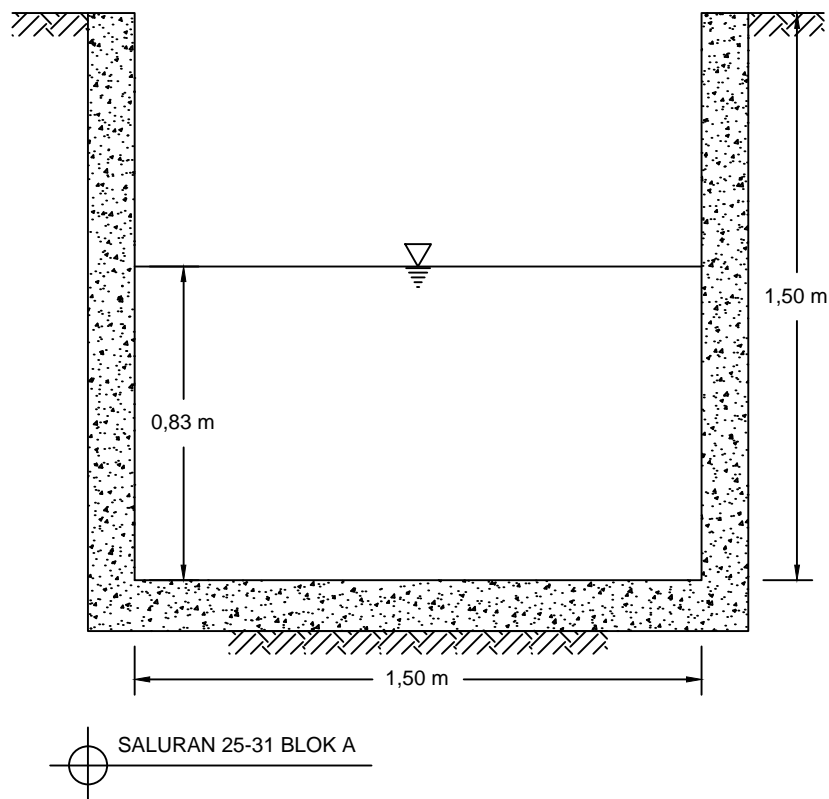
1:20

NOMOR GAMBAR

20

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
SALURAN CABANG (3)

SKALA

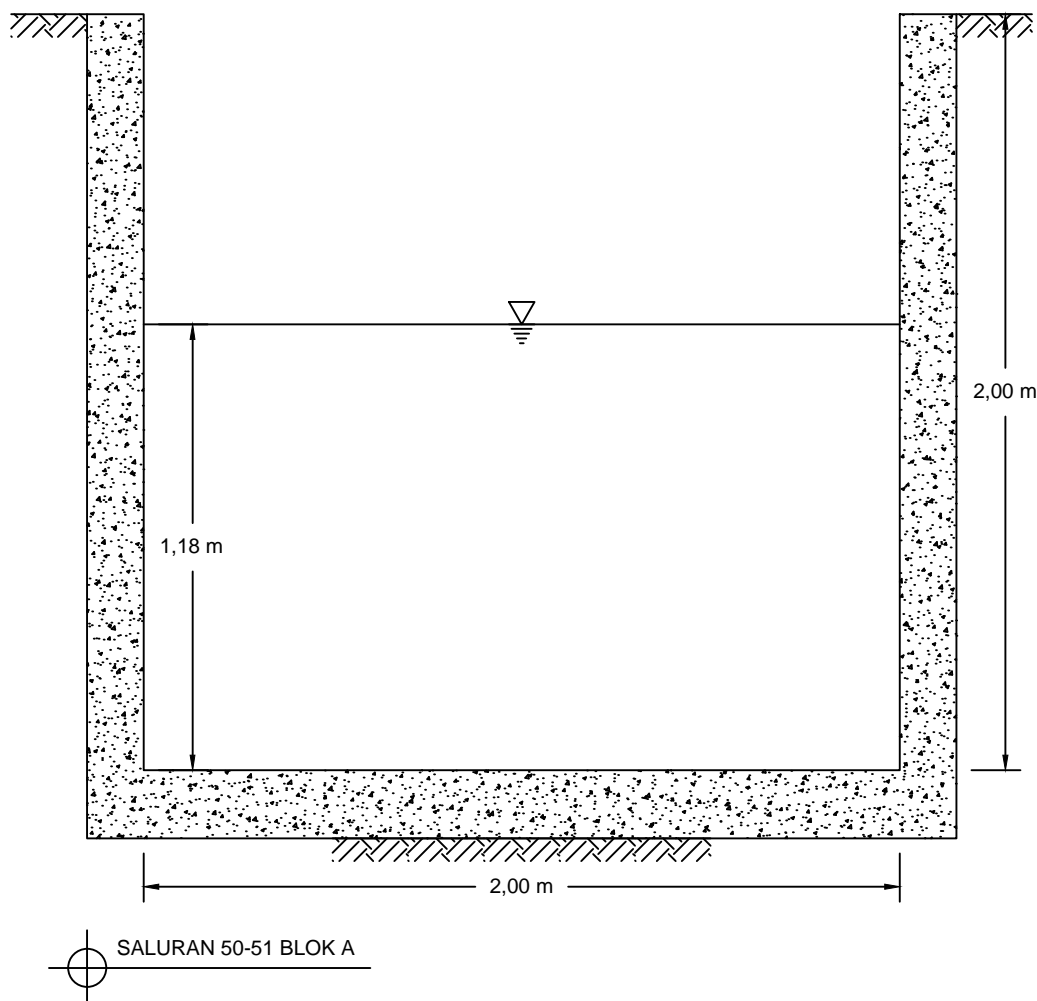
1:20

NOMOR GAMBAR

21

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
SALURAN UTAMA

SKALA

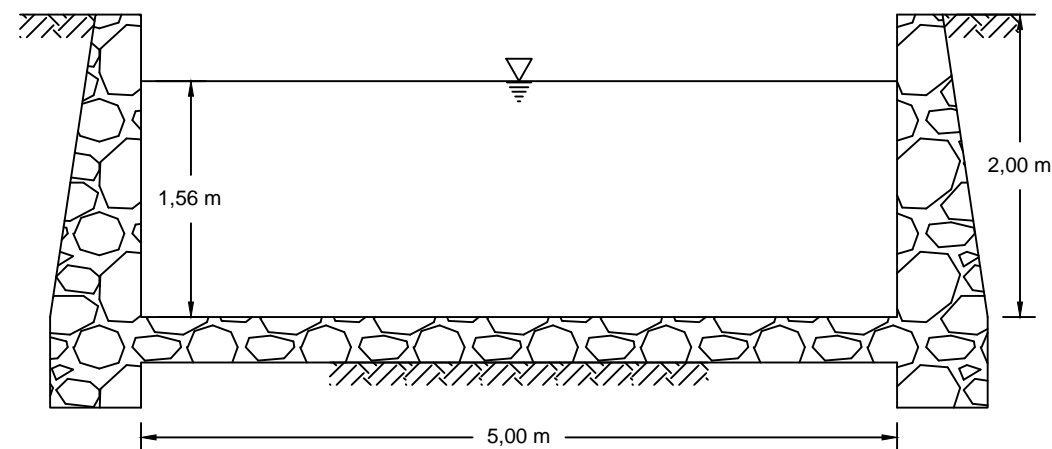
1:50

NOMOR GAMBAR

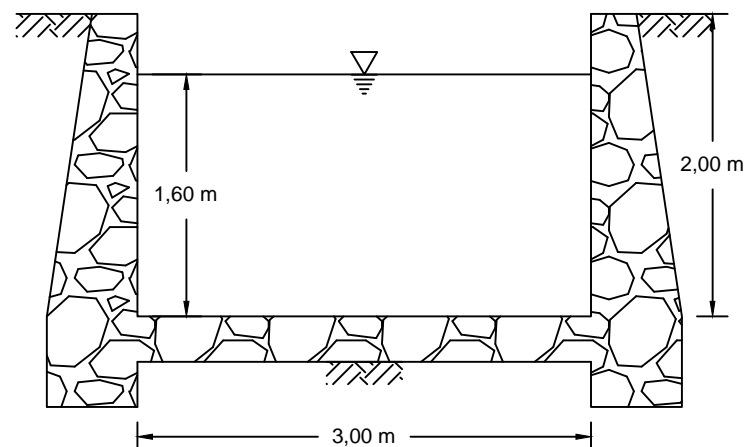
22

JUMLAH GAMBAR

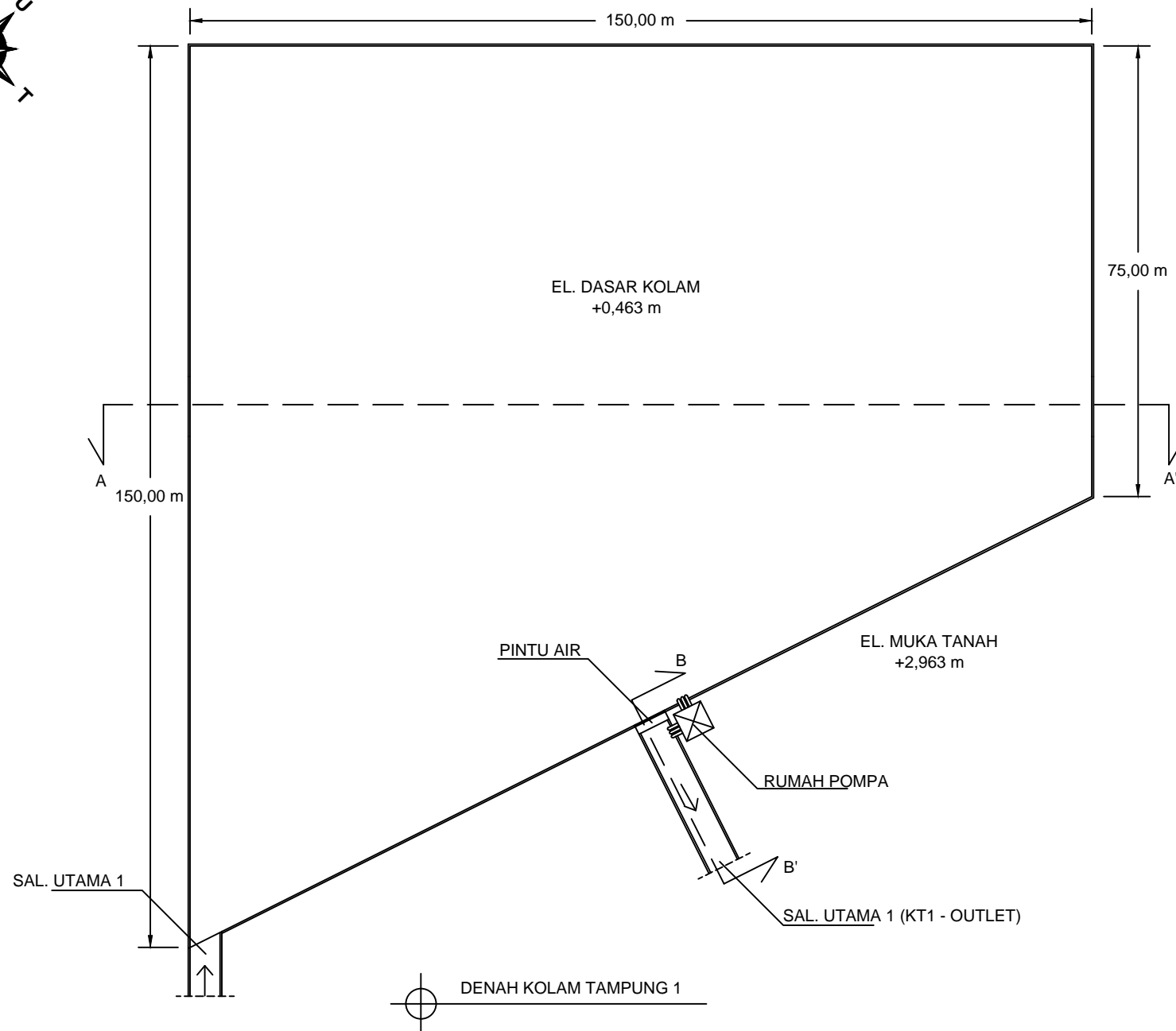
29



SALURAN UTAMA 1



SALURAN UTAMA 2



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

DENAH KOLAM TAMPUNG 1
(KT1)

SKALA

1:1000

NOMOR GAMBAR

23

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A'

SKALA

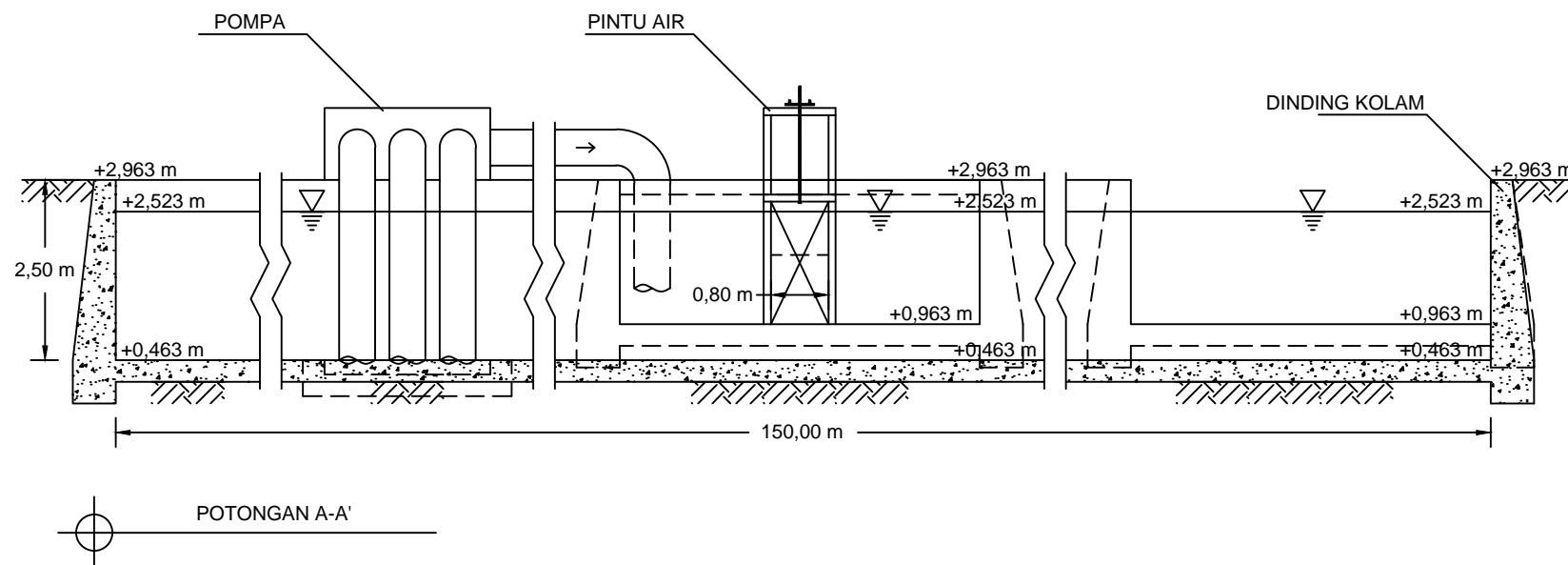
1:100

NOMOR GAMBAR

24

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B'

SKALA

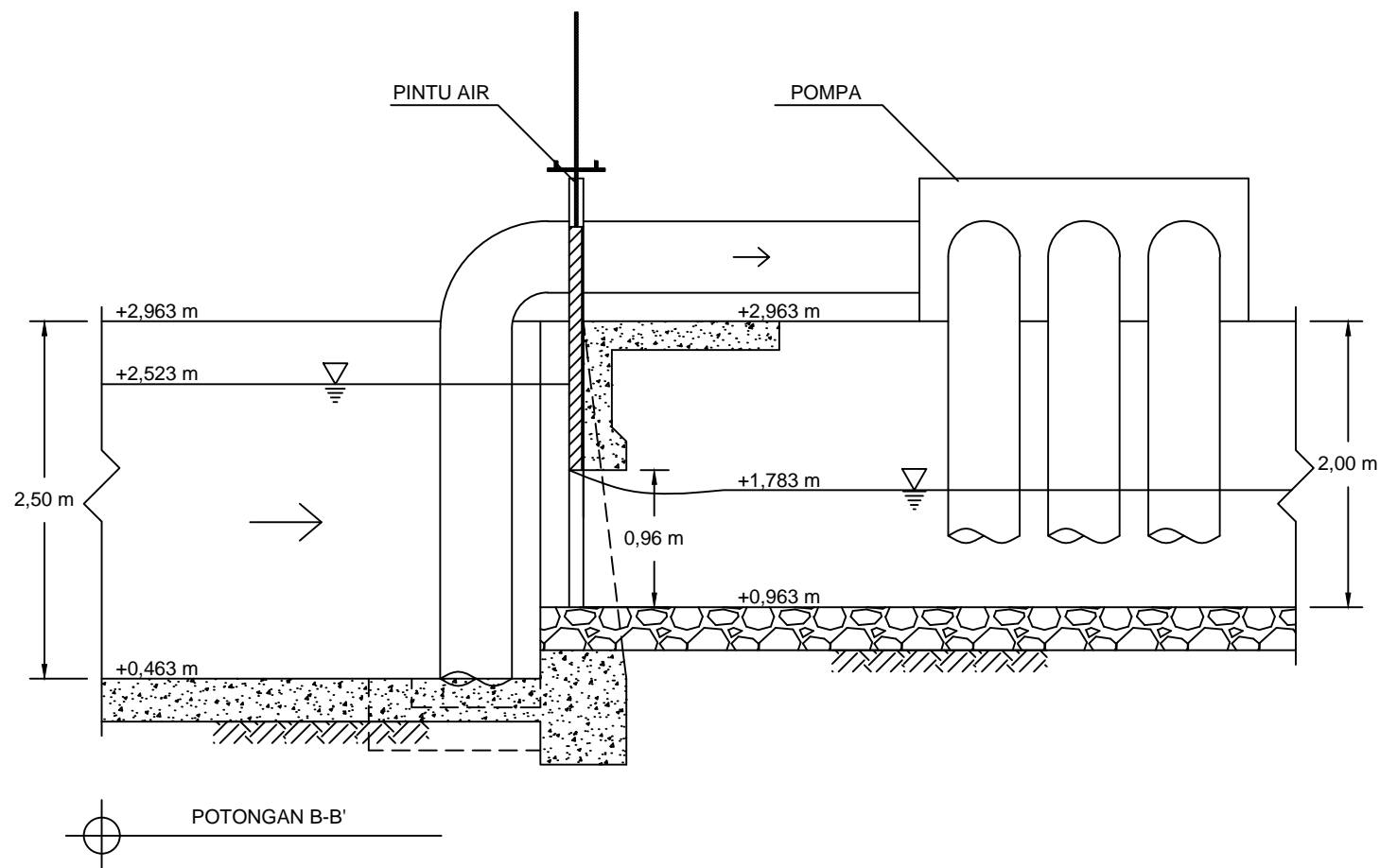
1:50

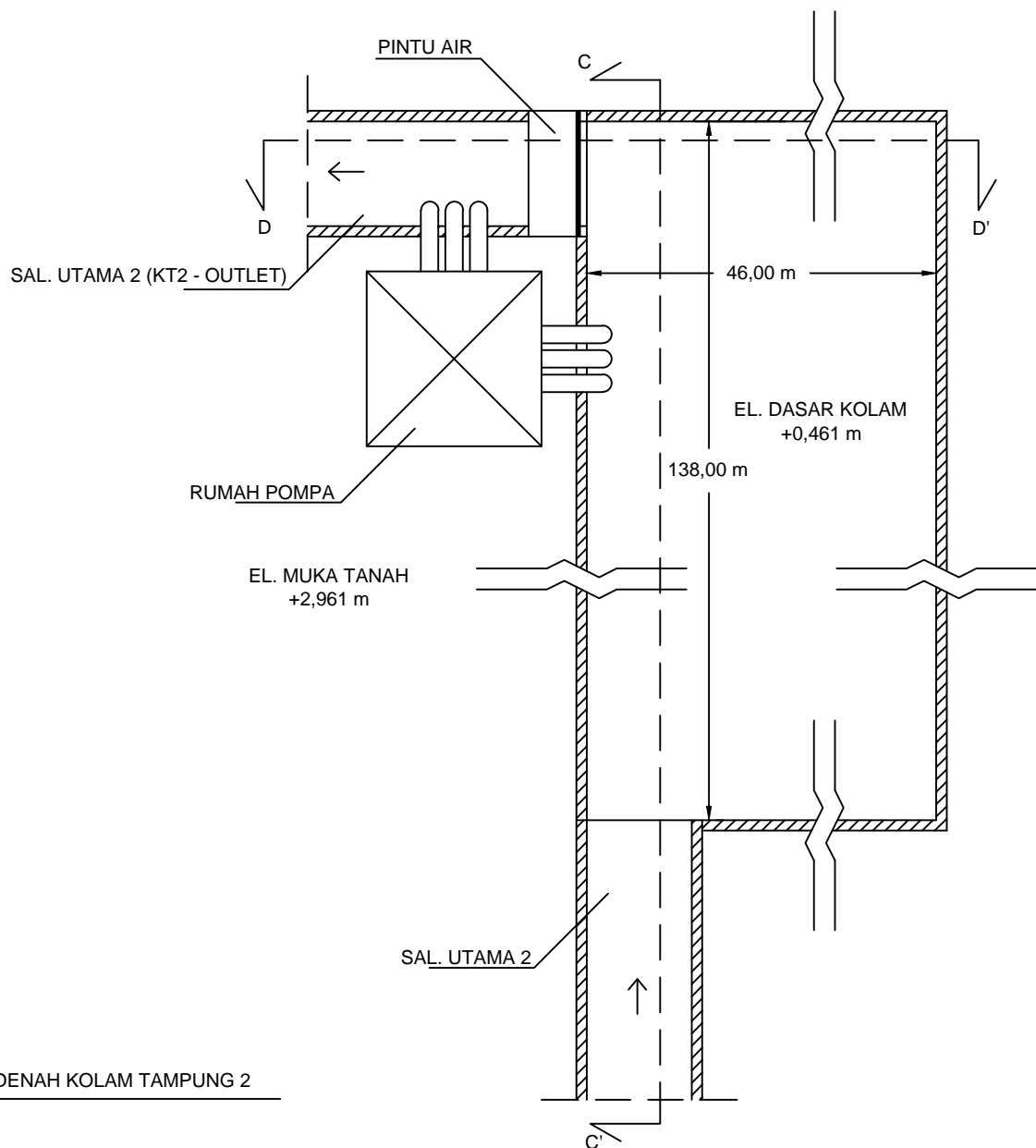
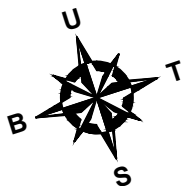
NOMOR GAMBAR

25

JUMLAH GAMBAR

29





DENAH KOLAM TAMPUNG 2



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

DENAH KOLAM TAMPUNG 2
(KT2)

SKALA

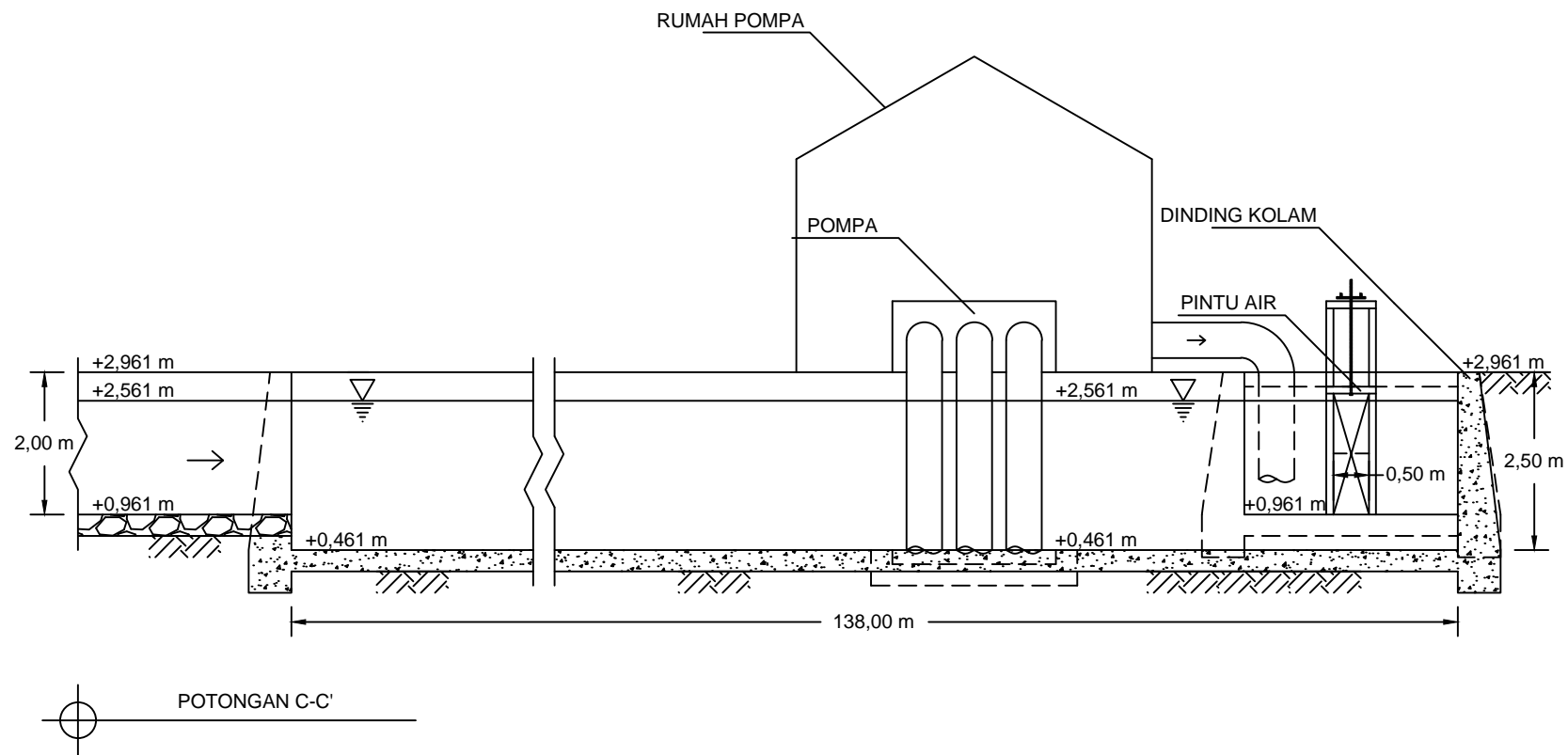
1:200

NOMOR GAMBAR

26

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN C-C'

SKALA

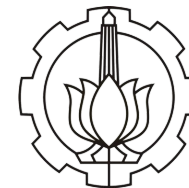
1:100

NOMOR GAMBAR

27

JUMLAH GAMBAR

29



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN D-D'

SKALA

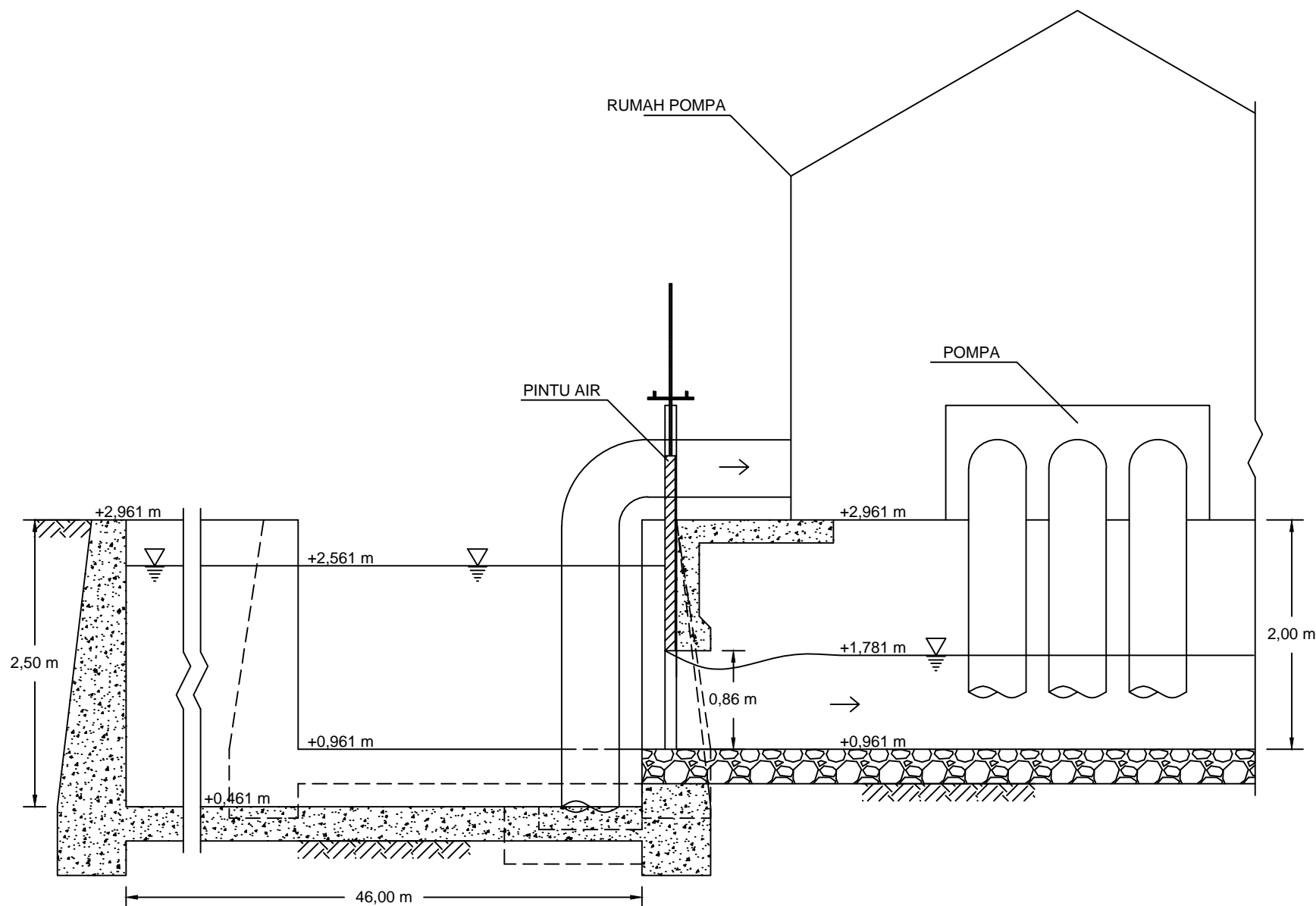
1:50

NOMOR GAMBAR

28

JUMLAH GAMBAR

29





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KAWASAN
PERUMAHAN DI BENOWO,
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. NADJADJI ANWAR,
M.Sc.

NAMA MAHASISWA

KHARISMA AGUNG

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
SUNGAI ROMOKALISARI
(OUTLET)

SKALA

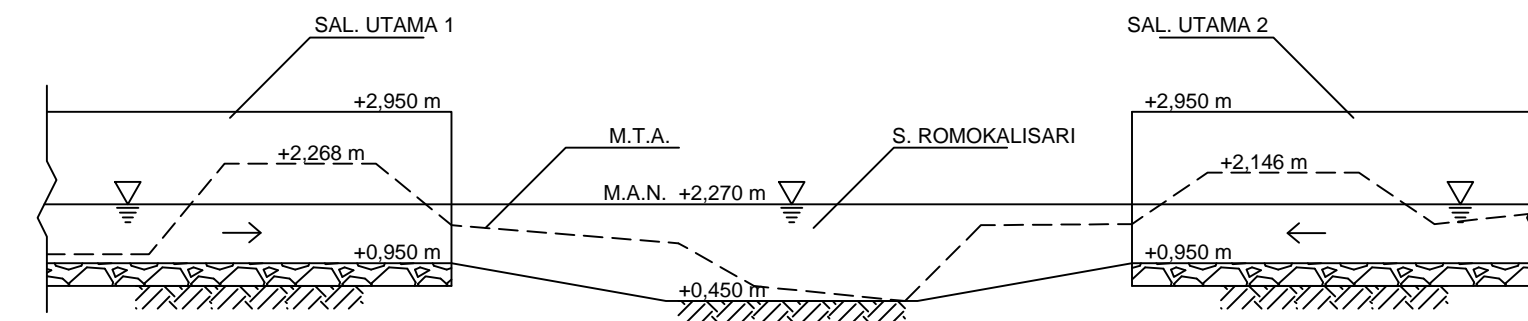
1:100

NOMOR GAMBAR

29

JUMLAH GAMBAR

29



POTONGAN MELINTANG S. ROMOKALISARI



Form AR/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Nadjadji, Anwar, M.Sc.
NAMA MAHASISWA	: Khurisma Agung
NRP	: 3113100111
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan di Benowo Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 27 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 012610

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	19/17 5	Frekuensi hujan, distribusi statistik	Perhitungan koef pengaliran, waktu konsentrasi intensitas	→
2	30/17 5	Perhitungan koef pengaliran, waktu konsentrasi & intensitas	Perencanaan dimensi saluran	→
3	13/17 6	Perencanaan debit banjir dalam kawasan & dimensi saluran	Analisis kolam tampung & elevasi muka air	→
4	18/17 6	Perencanaan kolam tampung	Perhitungan debit banjir & kapasitas kompartalisasi	→

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA (S1)
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **12 Juli 2017** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

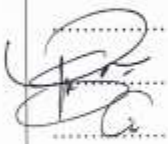
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3113100111	Kharisma Agung	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan di Benowo, Surabaya

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

1. Hitungan hidrologi agar dimasukkan semuanya termasuk pemilihan metode hitungan banjir.
2. Jelaskan cara mendapatkan peta situasi.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc	
Yang Ratri Savitri, ST. MT	
Nastasia Festy Margini, ST. MT	

Surabaya, 12 Juli 2017
Dosen Pembimbing 1
(Ketua)


Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)

Dosen Pembimbing 3
(Sekretaris)

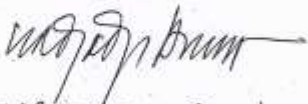
SARAN / MASUKAN PERBAIKAN UJIAN LISAN TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA DAN SARJANA LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

Nama Mahasiswa : ~~HERMANSING TRI P. KHARISMA AGUNG~~
NRP : 3113100111 ?
Saran / masukan :

- ~~Makalah ? HSS ?~~
- ~~Hasil dari soal dan jawaban~~
~~pekerjaan rumah, terutama pekerjaan metode~~
~~pekerjaan rumah~~
- ~~Jelaskan cara mendapatkan peta~~
~~ortofoto~~

- 1). Kolam tampung B
- 2). Dikari $T_b = 2 \times t_c$, Lebar $B = 4 t_c$

Surabaya, 12-7-2017


(NADYON A.)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri, 3 Juli 1995, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal, antara lain di SDN Jongbiru Kab. Kediri, SMPN 1 Kediri, dan SMAN 1 Kediri. Setelah lulus dari SMAN 1 Kediri, penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Departemen Teknik Sipil ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113100111.

Di Departemen Teknik Sipil ini, penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Sipil dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS. Selain itu, penulis juga pernah aktif sebagai pengurus Al Hadiid (Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Sipil) dan Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS.

e-mail: kharismaagung@rocketmail.com